



**UNICAMP**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE ARTES

ANTONIO FERNANDO DA CUNHA PENTEADO

ACESSIBILIDADE RECÍPROCA NO DIÁLOGO MUSICAL  
ENTRE VIOLONISTAS CEGOS E VIDENTES

CAMPINAS - SP

2017

ANTONIO FERNANDO DA CUNHA PENTEADO

ACESSIBILIDADE RECÍPROCA NO DIÁLOGO MUSICAL  
ENTRE VIOLONISTAS CEGOS E VIDENTES

*Dissertação apresentada ao Instituto de Artes da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Música na área de concentração em Música: Teoria, Criação e Prática.*

ORIENTADOR: PROF. DR. JOSÉ EDUARDO FORNARI NOVO JUNIOR

COORIENTADOR: PROF. DR. VILSON ZATTERA

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À  
VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO  
DEFENDIDA PELO ALUNO ANTONIO  
FERNANDO DA CUNHA PENTEADO,  
E ORIENTADA PELO PROF. DR. JOSÉ  
EDUARDO FORNARI NOVO JUNIOR.

CAMPINAS - SP

2017



**Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s):** CAPES, 1579596

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-5960-8115>

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca do Instituto de Artes  
Sílvia Regina Shiroma - CRB 8/8180

P387a      Penteado, Antonio Fernando da Cunha, 1969-  
Acessibilidade recíproca no diálogo musical entre violonistas cegos e videntes / Antonio Fernando da Cunha Penteado. – Campinas, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: José Eduardo Fornari Novo Junior.  
Coorientador: Vilson Zattera.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Artes.

1. Acessibilidade. 2. Musicografia braille. 3. Notação musical. I. Novo Junior, José Eduardo Fornari, 1966-. II. Zattera, Vilson. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Artes. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Reciprocal accessibility in the musical dialogue between blind and sighted guitarists

**Palavras-chave em inglês:**

Accessibility

Braille music

Music notation

**Área de concentração:** Música: Teoria, Criação e Prática

**Titulação:** Mestre em Música

**Banca examinadora:**

José Eduardo Fornari Novo Junior [Orientador]

Manuel Silveira Falleiros

Flávio Luiz Schiavoni

**Data de defesa:** 28-08-2017

**Programa de Pós-Graduação:** Música

## **BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE MESTRADO**

ANTONIO FERNANDO DA CUNHA PENTEADO

ORIENTADOR: PROF. DR. JOSÉ EDUARDO FORNARI NOVO JUNIOR

COORIENTADOR: PROF. DR. VILSON ZATTERA

### **MEMBROS:**

1. PROF. DR. JOSÉ EDUARDO FORNARI NOVO JUNIOR

2. PROF. DR. MANUEL SILVEIRA FALLEIROS

3. PROF. DR. FLÁVIO LUIZ SCHIAVONI

Programa de Pós-Graduação em MÚSICA do Instituto de Artes da Universidade Estadual de Campinas.

A ata de defesa com as respectivas assinaturas dos membros da banca examinadora encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

Campinas, 28 de agosto de 2017

Ao meu pai,  
minha fonte primordial  
de inspiração musical,  
cujas vozes graves  
certamente produziram  
as primeiras melodias  
que ouvi.

À minha mãe e meus irmãos,  
a família onde nasci.

À Thaís e à Cecília,  
a família que constituí.

## Agradecimentos

A meus pais, por todo amor e carinho, pelo investimento em minha formação, pela família que constituíram, por meus queridos irmãos e por um lar que sempre me foi um porto seguro. Além de tudo, meu pai é de longe a maior fonte da minha cultura musical, uma vida me apresentando letras, sons e histórias.

Aos demais familiares, tios e primos, que acompanharam e incentivaram meu início na música, mas em especial ao tio Dimas, seus dedilhados no violão me fascinaram tanto desde criança que fiz deste instrumento a minha profissão.

Aos meus amigos todos que quase são a minha própria família.

Às centenas de alunos ao longo destes mais de 35 anos lecionando, estes foram, são e serão sempre o motor que me conduz a produzir muito material pedagógico e partituras, além de um sem número de *softwares* para suporte das minhas aulas.

Aos voluntários do projeto de criação de partituras acessíveis, especialmente meu “primo” Diego, aos funcionários e bolsistas do LAB, aos alunos dos PIBICs e CAFs.

Aos fãs do meu trabalho como músico *performer*, sempre presentes em todos os meus shows e apresentações musicais, são o combustível que me empurra a estudar e a compor.

Aos músicos que me acompanham em shows e gravações.

Às pessoas que me ajudaram na área da computação, fundamental para esta dissertação. Ao Prof. Dr. Tomasz Kowaltowski por aceitar um músico na sua turma de computação. Ao meu aluno Norton (meu guru da OOP). Ao meu aluno e parceiro musical Emílio Pagoto, doutor em linguística que me ajudou bastante nas intrincadas leituras e questões sobre Noam Chomsky e outros linguistas cujo

trabalho se aplicam à computação. Ainda preciso fazer um agradecimento muito especial ao Fernando Vanini, que há mais de 25 anos tem me oferecido uma formação alternativa em computação, acompanhando os *softwares* que desenvolvo, sugerindo algoritmos e soluções, desde simples boas práticas de programação até complexas estruturas de dados, através de incontáveis e-mails que trocamos, telefonemas, livros emprestados, materiais de suas aulas na UNICAMP, e até algumas aulas presenciais, devo muito a ele a cada linha de código que escrevo.

Aos meus professores todos da graduação, pela formação musical que me ofereceram, mas em especial: Ney, Ulisses, Cyro, Faro, Grammani, Gogô, Rafael e Ricardo, que tiveram forte impacto na minha profissão tanto como músico *performer* quanto de professor.

Aos membros das bancas de qualificação e defesa, por suas contribuições a este trabalho.

À Thaís, o grande amor da minha vida, pelos anos de companheirismo, dos momentos mais felizes que brindamos juntos aos mais tristes em que nos confortamos também juntos, por sua firmeza de caráter e de ideologia em sua luta por uma educação pública de qualidade, por toda a ajuda nas questões acadêmicas que foram tão difíceis para mim nesta pesquisa. Também aos seus familiares.

À minha filha Cecília, muita amada, por sua energia ariana adolescente que agita a nossa casa e dá fôlego às nossas vidas, que siga firme em sua revolução pessoal e em seu ativismo por causas altruístas, sempre lutando em prol das minorias, contra o machismo, a homofobia e todas as formas de opressão. Desejo que tenha dureza nos princípios, mas ternura na ação, sem jamais perder o respeito pelos diferentes. Foi também a tradutora de inglês e alemão nos meus estudos.

Ao meu orientador, o Tuti, colega desde a época da graduação, amigo, e que tão bem conduziu minha caminhada pela vida acadêmica, desde antes de minha matrícula no mestrado até as últimas correções da dissertação. A produção de mais de uma dezena de artigos e uma requisição de patente durante esta trajetória eu sem dúvida devo muito a ele, sempre disponível, nas muitas horas de papo e nos milhares de e-mails. A colheita final foi boa, espero ainda produzirmos mais juntos no futuro.

Ao coorientador, Vilson, cujas dificuldades por conta da deficiência visual me fizeram e ainda me fazem persistir na luta de buscar soluções de acessibilidade que, embora eu acredite que irão favorecer a muitas pessoas cegas, é sempre pensando neste amigo que me motivo a continuar. Agradeço por seu bom humor diário e sua disposição em experimentar as propostas de acessibilidade de *hardware* e *software*. Ele foi a contraparte neste diálogo musical entre o violonista cego e o vidente.

Finalmente, mas não menos importante, agradeço à essência feminina que me rodeia e desde sempre me acompanha, representada de tantas maneiras diferentes nas figuras de: minha avó, minha mãe, minha irmã, minha mulher, minha filha, minhas afilhadas e minhas amigas, que faz do meu passamento pela Terra uma jornada mais prazerosa.

“Mesmo que você fuja de mim

Por labirintos e alçapões

Saiba que os poetas

Como os cegos

Podem ver na escuridão”

(Chico Buarque)

## Resumo

Esta pesquisa de mestrado apresenta um estudo sobre algumas possibilidades para a representação de materiais musicais relacionados à pedagogia do violão em um formato igualmente acessível tanto para pessoas cegas quanto também pessoas videntes. Entendem-se aqui como cegas as pessoas que possuem deficiência visual em um grau de acuidade menor do que 0.05 no melhor olho contando com correção ótica, fato que impede a leitura autônoma de materiais impressos ou digitais com os olhos. A literatura acadêmica aponta a partitura e a musicografia braille, respectivamente para videntes e cegos, como os melhores sistemas para a notação musical e representação de melodias e arranjos no violão. Ambos os sistemas não são mutuamente acessíveis aos dois grupos, isto é, os cegos não podem utilizar a partitura, porque esta é constituída de elementos gráficos que demandam o uso da visão, e os videntes encontram grande dificuldade para a leitura do braille através do tato ou até mesmo através da visão. A conversão rápida da partitura para a musicografia braille e vice-versa possuiria grande relevância para o processo de interação musical entre cegos e videntes. No entanto esta conversão não é automática e envolve a ação de uma pessoa vidente com alto conhecimento técnico em música, braille e braille aplicado à música. Uma outra possibilidade seria a utilização de um sistema alternativo de notação musical, em um formato diretamente acessível a cegos e videntes. Esta foi a hipótese que norteou o desenvolvimento da presente pesquisa. A metodologia qualitativa da pesquisa-ação crítica foi empregada na obtenção e análise dos dados deste trabalho, que ocorreu em sucessivos ciclos em forma de espirais de reflexão e ação. Durante esta pesquisa concluiu-se que o registro de informações musicais em formato de texto é uma das possibilidades que cumpre bem o requisito de acessibilidade exigido nesta pesquisa, o qual denominou-se acessibilidade recíproca. Alguns sistemas de notação textual existentes foram analisados e também iniciou-se o desenvolvimento de um novo formato textual, denominado sistema LE. Este sistema permite a representação de elementos musicais básicos e seu diferencial é utilizar uma sintaxe mais simples e intuitiva, permitindo que uma pessoa com poucos conhecimentos técnicos em música possa colaborar com a produção de materiais musicais acessíveis para a pedagogia do violão. Este trabalho apresenta um estudo inicial que poderá ser utilizado como ponto de partida para novas pesquisas na área da acessibilidade que favoreçam a interação e o intercâmbio dinâmico de informações entre músicos cegos e videntes, na forma de um diálogo musical.

Palavras-chave: acessibilidade; musicografia braille; notação musical;



## **Abstract**

This Master's degree research presents a study concerning a number of possibilities for representing music materials related to guitar's pedagogy in a format equally accessible for blind and sighted individuals. Here, it is taken into account that a blind person is someone with a visual disability with an acuity grade below 0.05 in their best eye including optic correction, which prevents autonomous reading of printed or digital materials using their eyes. Academic literature presents score and Braille music, in that order, to sighted and blind musicians, as the best tools for musical notation, melody representation and guitar arrangements. These tools are not mutually accessible to both groups. In other words, blind individuals are not able to use scores, for it is composed by graphical elements, which demand sight to be read, and sighted individuals perceive Braille reading as a great challenge, whether it be through touch or through vision. It would be relevant in the process of musical interaction between blind and sighted people to convert scores, efficiently, to Braille music and vice versa. However, such conversion is not automatic and requires the help of a sighted person with wide technical knowledge regarding music, Braille and Braille music. Another possible solution would be an alternative musical notation system, accessible to blind and to sighted people. Such hypothesis guided the development of this research. The quantitative methodology of critical action research was applied in obtaining and analyzing data, which happened through successive cycles of spirals of reflection and action. During this research, musical information recording in text format proved itself to meet accordingly all requirements demanded in this research, appropriately named reciprocal accessibility. Some already existing textual notation tools were analyzed and the development of a new text format, called LE system, was set in motion. The LE system allows the representation of basic musical elements and its unique ability is using a much simpler and much more intuitive syntax, allowing a person with little technical knowledge in music to contribute with musical materials accessible to guitar pedagogy. This research presents an initial study that can be used as a starting point for new researches in regard to accessibility, fostering interaction and dynamic information interchange between blind and sighted individuals, in the form of a musical dialogue.

Keywords: accessibility; Braille music; music notation;

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Célula braille e respectiva numeração de pontos. ....	23
Figura 2 – As 64 combinações possíveis de células braille.....	23
Figura 3 – Células braille associadas às letras do alfabeto latino.....	23
Figura 4 – O numerais escritos em braille.....	24
Figura 5 – Indicação de uma letra, uma palavra ou várias palavras em maiúsculas.....	24
Figura 6 – Musicografia braille, alturas e durações.....	28
Figura 7 – Sinais utilizados para a marcação de oitavas.....	29
Figura 8 – Um exemplo de escrita com LaTeX.....	33
Figura 9 – Typesetting music with MusiXTeX.....	34
Figura 10 – Partitura escrita com o Lilypond.....	34
Figura 11 – Reglete e punção.....	37
Figura 12 – Perkins brailier.....	38
Figura 13 – Teclado com pontos em braille.....	39
Figura 14 – Braille Handles, dispositivo para a escrita do braille em computadores.....	40
Figura 15 – Cifras com mais caracteres que a letra.....	54
Figura 16 – Uso do hífen.....	57
Figura 17 – Acordes demarcados com aspas.....	59
Figura 18 – Transcrição empunhando o violão.....	61
Figura 19 – Fusão de letras e cifras em uma única linha.....	61
Figura 20 – Configurações democráticas dos acidentes.....	65
Figura 21 – Diagrama de classe em formato UML.....	67
Figura 22 – Cifra convertida para uma denominação por extenso.....	68
Figura 23 – Cifra convertida para a notação em braille.....	68
Figura 24 – Grafia dos números rebaixados em braille.....	69
Figura 25 – Carimbo de violão.....	69
Figura 26 – Diagramas de violão impressos em revistas.....	70
Figura 27 – Diagrama de braço de violão para o acorde de Ré maior.....	71
Figura 28 – Diagramas de violão com 12 e 4 casas.....	72
Figura 29 – Diagrama de violão com 4 casas.....	72
Figura 30 – Notação da digitação nos diagramas de violão.....	73

Figura 31 – Representação textual de uma pestana.....	74
Figura 32 – Meia pestana.....	75
Figura 33 – Meia pestana com corda inicial e final.....	75
Figura 34 – Partitura acima, tablatura abaixo.....	77
Figura 35 – Notação alternativa para figuras nas linhas e espaços.....	78
Figura 36 – Representação textual de alturas com acidentes.....	79
Figura 37 – Tipos de barras de compasso.....	79
Figura 38 – Acidentes fixos, armaduras de clave.....	80
Figura 39 – Ligaduras.....	80
Figura 40 – Linhas e espaços suplementares superiores.....	80
Figura 41 – Linhas e espaços suplementares inferiores.....	81
Figura 42 – Trecho musical aleatório.....	81
Figura 43 – Ordem Braille.....	86
Figura 44 – Audiogame.....	93
Figura 45 – Tipos de gramáticas, linguagens e reconhedores.....	112
Figura 46 – Árvore de derivação da progressão: D F# Eb A.....	114

## Sumário

0. Introdução.....	15
1. Fundamentação Teórica.....	21
1.1. O sistema braille.....	21
1.2. Musicografia braille.....	26
1.3. O braille e o computador.....	29
1.4. Softwares para a notação musical.....	31
1.5. Notação Musical Textual.....	33
1.6. O custo da acessibilidade.....	35
1.7. Softwares desenvolvidos nesta pesquisa.....	41
1.8. Objetivos.....	42
2. Metodologia.....	43
3. Desenvolvimento.....	50
3.1. Letras cifradas.....	56
3.2. Diagramas de acordes no braço do violão.....	69
3.3. Notação de alturas das notas de uma melodia.....	76
4. Discussão.....	82
5. Considerações finais.....	98
Referências Bibliográficas.....	104
Apêndice - Conceito de linguagem e sua análise utilizados neste trabalho.....	111

## 0. Introdução

O objetivo desta pesquisa foi o estudo e o desenvolvimento de um sistema de escrita textual que facilitasse a comunicação e o intercâmbio de informações musicais entre pessoas cegas e videntes, com foco na pedagogia do violão.

O termo *peessoas cegas* aqui utilizado baseia-se na nomenclatura empregada pelo Decreto Federal nº 5296/2004<sup>1</sup> para designar a deficiência visual cuja acuidade no melhor olho e com correção ótica é igual ou menor a 0.05, fato que impede a leitura autônoma com os olhos, obrigando o uso da escrita em relevo no sistema braille ou a conversão de texto em fala em ambientes computacionais. O termo *vidente* será empregado ao longo deste trabalho por oposição a *cego*, segundo a definição do dicionário Larousse (CULTURAL, 1999, p. 913), para designar "aquele que vê", e não possui qualquer relação com capacidades premonitórias ou paranormais que o termo possa sugerir.

A legislação brasileira<sup>2</sup> considera pessoa com deficiência aquela que tem impedimento de longo prazo em interação com uma ou mais barreiras que possam obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade, em igualdade de condições com as demais pessoas, e considera barreira na área da comunicação qualquer entrave à expressão ou recebimento de mensagens e informações. A acessibilidade na comunicação é frequentemente entendida como uma via de mão única na qual tecnologias assistivas são empregadas apenas para proporcionar o acesso da pessoa com deficiência à informação, como por exemplo a conversão de textos impressos para o braille. Porém comunicação, para se caracterizar como um diálogo, necessita ser uma via de mão dupla, uma vez que é igualmente importante e indispensável o caminho inverso da tradução da informação que esteja em formatos acessíveis para os convencionais, a fim de proporcionar efetivamente interação, autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social à pessoa com deficiência. O intuito é permitir que tal pessoa possa se comunicar e ser

---

1 Este decreto regulamenta as Leis Federais nº 10048/2000 e nº 10098/2000

2 Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015, que Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência).

compreendida a partir da utilização de uma linguagem ou meio que lhe seja mais confortável e/ou possível para sua expressão.

Além da questão de permitir este acesso de ida e vinda da informação à pessoa com deficiência, é importante também ressaltar que é quase um senso comum atribuir-se a necessidade da acessibilidade somente às pessoas que possuam determinada deficiência. É comum que acessibilidade seja algo entendido quase como um favor para que a pessoa com deficiência possa ter igualdade de condições com as demais, possuindo uma característica intrínseca de exclusão neste tipo definição. Mas se um músico vidente necessitar interagir com um músico cego que apenas lê e escreve em braille e já possui um acervo musical escrito em musicografia braille, neste caso a necessidade de acessibilidade é do vidente e não do cego.

Para tanto, como neste trabalho pesquisou-se a interação entre o violonista cego e o vidente, entendeu-se que o termo *acessibilidade recíproca* seria mais adequado para descrever a função das ferramentas de *hardware* e *software* utilizadas nesta pesquisa para oferecer acessibilidade sempre que estas pudessem ser utilizadas tanto por cegos quanto por videntes, ferramentas que favorecessem a todas as pessoas de maneira geral, com ou sem uma deficiência específica. No Dicionário de Filosofia Nicola Abbagnano há uma definição da palavra reciprocidade que se adequa a este trabalho. Nesta obra, reciprocidade "é o princípio da conexão universal das coisas no mundo, em virtude do qual elas constituem uma comunidade, um todo organizado" (ABBAGNANO, 2000, p. 835).

Existe uma grande escassez de materiais acessíveis para música que a literatura atribui à dificuldade da geração dos mesmos. A geração destes materiais requer a ação de uma pessoa vidente com alto conhecimento técnico em música, braille e braille aplicado à música. Portanto, a busca de soluções que permitam modificar este quadro torna-se muito relevante para a área. A modificação pode ocorrer principalmente com a criação de processos que diminuam o grau de exigência de conhecimentos técnicos do vidente que fará a transcrição, como também com a criação de sistemas computacionais que facilitem o intercâmbio e a conversão entre diferentes formatos de registro de conteúdos musicais.

Alguns questionamentos nortearam o desenvolvimento desta pesquisa. Sendo alguns deles: se é possível a utilização de um sistema de notação musical que seja simultaneamente acessível a cegos e videntes para a representação dos materiais pedagógicos mais comumente utilizados no ensino do violão (diagramas de violão, letras cifradas e partituras); se algum sistema computacional oferece autonomia completa, sem o auxílio de um vidente, para que uma pessoa com deficiência visual possa realizar todas as etapas do processo de notação musical em computadores; se uma pessoa com poucos conhecimentos técnicos em música pode colaborar com a produção de materiais musicais acessíveis.

A fundamentação teórica desta pesquisa será apresentada no capítulo 1, explanando acerca do sistema braille e da importância de sua utilização por pessoas cegas em diversos contextos, incluindo a música. O capítulo também discorre sobre a acessibilidade em ambiente computacional tanto em termos de *software* quanto de *hardware* e faz uma delimitação dos objetivos específicos e o geral desta pesquisa.

No capítulo 2 será apresentada a metodologia utilizada nesta dissertação que foi a pesquisa-ação crítica, uma metodologia qualitativa baseada na interação do pesquisador com o objeto pesquisado, que neste caso foi a comunicação entre o violonista cego e o vidente. O caráter de criticidade se dá quando, através de reflexões críticas coletivas, as transformações promovidas pela pesquisa favorecem a emancipação dos sujeitos e condições consideradas opressivas (FRANCO, 2005, p. 485). A pesquisa-ação valida a coleta de dados através de entrevistas, diários de bordo e assemelhados, que na presente pesquisa ocorreram em forma de atividades de orientação com o orientador Prof. Dr. José Fornari e principalmente com o coorientador Prof. Dr. Vilson Zattera, que teve papel preponderante na tônica deste trabalho devido ao fato de que é violonista e tem uma deficiência visual desde a infância, conhecendo portanto de maneira muito aprofundada as demandas de acessibilidade de uma pessoa cega no processo de ensino e aprendizagem do violão.

As etapas do desenvolvimento desta pesquisa, denominadas de ciclos de pesquisa-ação dentro da metodologia escolhida, serão mostradas no capítulo 3, onde haverá um detalhamento maior de cada etapa da busca de soluções e respostas aos questionamentos iniciais.



Vale considerar que uma pessoa cega pode ler textos com alguma naturalidade, bastando para isso que o texto seja escrito em braille ou, em computadores, contando com o auxílio de softwares leitores de tela. Por esta razão definiu-se como mutuamente acessíveis os sistemas baseados em texto, uma vez que registros textuais de conteúdo já possuem um grau inerente de acessibilidade recíproca, podendo ser facilmente utilizados tanto por cegos quanto por videntes.

Buscou-se portanto a criação de um sistema de representação textual de partituras musicais e de materiais pedagógicos musicais que resultasse em um formato intermediário possível de ser lido e compreendido diretamente tanto por pessoas cegas quanto por pessoas videntes, mas que ao mesmo tempo facilitasse o emprego de *softwares* para a conversão de ou para este formato textual a outros, tais como: a musicografia braille, o formato tradicional de notação musical, MusicXML<sup>3</sup>, Musescore<sup>4</sup>, Lilypond<sup>5</sup>, ABC Notation<sup>6</sup>, MIDI<sup>7</sup>, tablatura, etc.

Para a limitação do escopo de um assunto tão amplo como a notação musical em uma pesquisa de mestrado, e sendo o autor e o seu coorientador ambos violonistas, o primeiro vidente e o segundo cego, adotou-se como meta a representação de obras musicais no gênero canção, com enfoque na música popular e não na música erudita, tendo por referência o modelo dos *songbooks* da editora Lumiar, de autoria de Almir Chediak, bastante empregados para o ensino e a aprendizagem do violão.

O formato destes *songbooks*, com melodias e letras cifradas, é empregado para o registro de músicas populares tanto brasileiras quanto internacionais, um exemplo disto é o conhecido "The Real Book" ou o *livrão*, como é informalmente chamado pelos músicos brasileiros, uma compilação de temas de *jazz*, mas inúmeros são os estilos representados desta maneira como o *rock'n'roll*, o *blues*, o *pop rock*, músicas latinas e etc.

Este modelo de referência que são os *songbooks* divide-se em três partes distintas, a saber: 1) Diagramas para a representação dos acordes no braço do violão; 2) Letras cifradas; 3) Melodias cifradas, normalmente apenas a uma voz, sem

---

3 <http://www.musicxml.com/>

4 <http://musescore.org/>

5 <http://lilypond.org/>

6 <http://abcnotation.com/>

7 <https://www.midi.org/>



polifonia. Para cada seção, buscou-se neste trabalho uma forma alternativa de representação textual.

As letras cifradas, que se constituem em um recurso pedagógico amplamente utilizado no ensino e na aprendizagem do violão na modalidade de acompanhamento da música vocal, são tradicionalmente escritas em duas linhas consecutivas, não oferecendo problemas de interpretação para o músico vidente, porém a leitura de um texto em braille com os conteúdos dispostos em duas linhas distintas mostra-se difícil e também diferente da forma habitual da leitura com os dedos, a qual acontece linha após linha, e sempre uma e somente uma linha por vez, inclusive em ambiente computacional. Adotou-se uma forma de escrita das cifras inserindo-as e fundindo-as na mesma linha que contém a letra da canção, assunto aprofundado na seção 1 do capítulo 3.

Os diagramas do braço do violão apresentam-se como imagens nos *songbooks*, o que impede sua utilização direta por uma pessoa cega. Criou-se uma representação textual de tais imagens, registrando-se com números e letras as posições dos dedos nas cordas e casas, esta solução será abordada na seção 2 no capítulo 3. O uso dos chamados "carimbos de violão" (ou similares) na pedagogia do instrumento é uma prática bastante corrente, são uma ferramenta quase que indispensável para registro ou comunicação de ideias musicais (acordes e escalas), mas sua natureza como imagem inviabiliza seu uso direto por/para violonistas cegos.

As partituras também se apresentam como imagens e portanto são igualmente inacessíveis a uma pessoa cega, porém a representação deste formato apenas com texto é mais complexa, dada a quantidade de detalhes exigida para a representação do som. Segundo Lacerda (1966, p. 1) o som (musical) possui 4 propriedades que o sistema tradicional de partituras representa de maneira independente: altura, duração, intensidade e timbre. Optou-se nesta pesquisa pela representação de apenas uma destas propriedades: a altura, deixando a representação das demais propriedades para desdobramentos futuros desta pesquisa. A maneira alternativa utilizada para a representação das alturas das notas em um formato textual leva em conta a posição das cabeças das figuras rítmicas no pentagrama. O sistema foi criado durante o processo para viabilizar que pessoas

sem conhecimento de braille e de música pudessem prestar auxílio voluntário na digitalização de partituras. Este assunto será abordado na seção 3 do capítulo 3.

O capítulo 4 discute os resultados obtidos durante a busca de soluções de acessibilidade, expande o conceito de acessibilidade recíproca e descreve algumas soluções de *hardware* elaboradas no decorrer desta pesquisa de mestrado e seu emprego.

O capítulo 5 ficou reservado para as considerações finais e conclusões a que se chegou ao término desta pesquisa.

Este texto ainda possui um apêndice de caráter mais técnico, referente ao uso de sistemas próprios da área da arquitetura de *software*, especificamente sobre a construção de compiladores, cujas bases foram utilizadas nos algoritmos dos *softwares* livres desenvolvidos durante esta pesquisa. Estes *softwares* estão disponíveis no link <http://www.nandopenteado.com/mestrado>.

# 1. Fundamentação Teórica

Neste capítulo será apresentado o cenário atual da escrita para a pessoa cega em suporte físico e em ambiente computacional, apresentando o sistema braille e sua importância para a autonomia da pessoa cega no contato com a cultura escrita, seja ela literária ou musical. O uso do braille no computador, o custo da acessibilidade e os *softwares* para notação musical também são apresentados neste capítulo, que finaliza com o objetivo geral e os específicos deste trabalho.

## 1.1. O sistema braille

Para uma pessoa sem a visão, o acesso à informação escrita pode ocorrer de duas formas: através do tato e/ou da audição. Pela audição um texto é convertido em fala com o auxílio de uma pessoa vidente, o leitor, ou em ambiente computacional através de *softwares* que convertem texto em fala. Mas a leitura através do tato oferece vantagens como a compreensão rápida da ortografia das palavras, permitindo também autonomia no processo. A autonomia na leitura decorre do fato de que um texto escrito em relevo é suficiente para ser lido diretamente pela pessoa cega, sem a necessidade do auxílio de uma pessoa vidente ou de recursos tecnológicos.

Algumas tentativas de escrita em relevo foram aventadas ao longo da história, mas o sistema desenvolvido por Louis Braille prevaleceu sobre os demais. Segundo Brasil (2006, p. 11), na obra intitulada "grafia braille para a língua portuguesa" que foi utilizada como a referência da grafia do braille nesta pesquisa, o sistema braille foi adotado no Brasil em 1854, tendo sido criado por Louis Braille em 1825. Lima (2010, p. 109) afirma que anteriormente a esta data, o francês Valentin Haüy já havia elaborado um recurso de escrita para cegos utilizando-se das próprias letras comuns, porém escritas em relevo, mas que tal solução apresentava uma leitura muito lenta e uma escrita quase impossível. De acordo com Leite (2007, p. 125), a altura do relevo das letras neste sistema também era problemática, se o relevo fosse mais alto a leitura ficava mais lenta, se fosse mais baixo a percepção tátil era menor, fato que causava muitos equívocos na leitura e na compreensão dos textos que precisavam ser lidos e relidos tantas vezes que os cegos chegavam até a

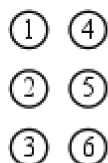
decorá-los. Louis Braille foi aluno na escola de Haüy, mas foi a partir de adaptações de um outro sistema, para a escrita de sons e não de letras, criado por Charles Barbier e denominado "escrita noturna", que Braille desenvolveu o seu, estando na ocasião com apenas 16 anos de idade.

A vantagem do sistema de Louis Braille era possuir um volume pequeno de apenas 63 códigos, com caracteres escritos em alto-relevo, de tamanhos pequenos e legíveis com um único toque da ponta de um único dedo, além disso representava diretamente o alfabeto em vez de sons. Estes códigos foram adaptados por ele mesmo para a representação e registro de símbolos de outras áreas do conhecimento como por exemplo a música.

Cabe ressaltar que o sistema braille não é uma linguagem, é apenas um código com o qual é possível se fazer o registro escrito de uma linguagem que pode ser o português, o inglês, o espanhol e etc. "O sistema Braille é conhecido universalmente como modo de acesso, por excelência, da pessoa cega à cultura escrita. Em princípio, todas as línguas do mundo podem ser transcritas perfeitamente nesse código de pontos em relevo" (LEITE, 2007, p. 123).

O código braille consiste em um alfabeto composto por 63 símbolos terminais escritos em relevo e mais o espaço em branco, totalizando 64, que são lidos pelo tato da ponta dos dedos. Cada símbolo, também chamado de cela ou célula braille, é composto pela combinação de seis pontos dispostos em duas colunas verticais de três pontos cada uma. Cada ponto em uma célula braille pode estar em relevo ou não, algo próximo ao código binário utilizado pelos computadores cuja menor unidade de armazenamento de dados é chamada de bit e é representada por um número 0 ou 1, neste sentido cada célula braille é composta por 6 destas unidades e pela lei matemática das combinações proporciona  $2^6 = 64$  possibilidades ou 64 diferentes células braille se considerarmos também a célula sem nenhum ponto em relevo. Os pontos de uma célula braille são numerados de 1 a 6, iniciando-se a contagem de cima para baixo, primeiro da coluna da esquerda e depois da coluna da direita, como na Fig. 1.

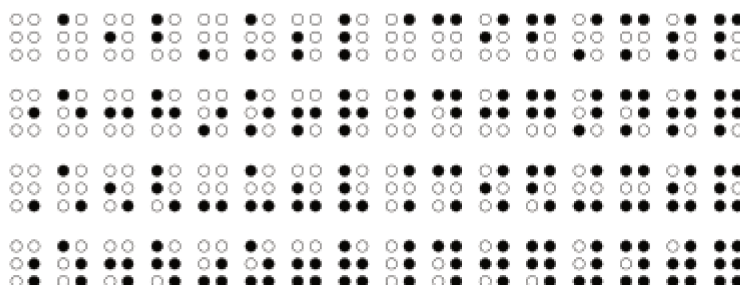
Figura 1 – Célula braille e respectiva numeração de pontos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Fig. 2 apresenta as 64 possíveis combinações:

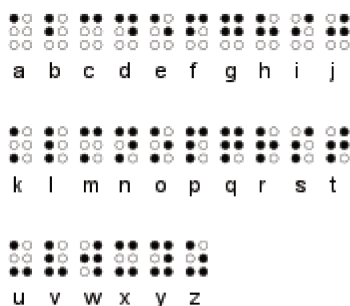
Figura 2 – As 64 combinações possíveis de células braille



Fonte: Elaborada pelo autor.

Então convencionou-se uma associação de tais células a letras, através das quais é possível uma transliteração direta conforme a Fig. 3

Figura 3 – Células braille associadas às letras do alfabeto latino.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para este alfabeto latino foram usadas 26 das 64 possibilidades, considerando-se agora os numerais, as letras maiúsculas, os sinais de pontuação, as letras com acentos, o ce cedilha, símbolos como o "&" ("E" comercial) ou o cifrão, sinais matemáticos e etc. Percebe-se facilmente que tais combinações seriam

insuficientes, obrigando então o código braille a utilizar-se fortemente de ressignificação das células segundo o contexto (escrita convencional, matemática, informática, línguas estrangeiras, etc) ou de associações de células, como por exemplo os números, que usam as mesmas células das letras de "a" a "j" precedidas pelo sinal de número formado pelos pontos (3456) como na Fig. 4.

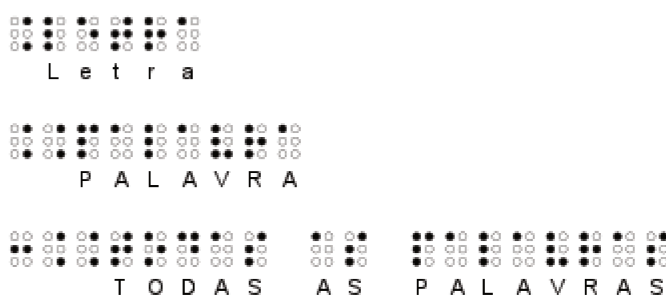
Figura 4 – O numerais escritos em braille.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A célula formada pelos pontos (46) indica que a letra seguinte a ela deve ser interpretada como uma letra maiúscula, já o uso de duas destas células (46 46) antes de uma palavra indica que toda a palavra esteja em letra maiúscula, e se ambos os sinais (46 46) que indicam palavra com letras maiúsculas forem precedidos pela célula (25) na combinação (25 46 46), então isto indica que várias palavras são escritas com todas as letras em maiúsculas segundo a Fig. 5.

Figura 5 – Indicação de uma letra, uma palavra ou várias palavras em maiúsculas



Fonte: Elaborada pelo autor.

Estes são apenas poucos exemplos dos desdobramentos e ampliações do uso das células braille, e desta forma, um sistema relativamente simples, com apenas 64 símbolos pode representar um número realmente muito grande de possibilidades.

Neste momento é importante ressaltar uma vantagem chave do uso do braille sobre o uso do texto convertido em fala. A língua portuguesa, como tantas outras, conforme apontam Nicolaiewsky e Correa (2008), não possui uma

correspondência unívoca entre as unidades fundamentais da língua escrita e falada (os grafemas e fonemas), por exemplo: a letra "s" escrita pode possuir a pronúncia de /s/ ou de /z/ como respectivamente nas palavras "sapo" e "casa", bem como o mesmo som de /s/ pode ser escrito com "ss" em "passo", com "ç" em "abraço", "c" em "ceder", "s" em "subir", "xc" em "exceto" e assim por diante.

O braille permite, entre tantos benefícios, conhecer a ortografia e através dela às vezes até a origem etimológica das palavras. O braille também permite a leitura silenciosa, sem sobrecarregar o sistema auditivo do leitor e nem influenciar pessoas à sua volta. A entonação da fala de um leitor ou a falta dela, como ocorre em um *software* leitor de tela, modificam a construção mental do texto que está sendo lido e alteram a fruição da arte nos textos literários.

"Através da leitura e da escrita um indivíduo pode reviver as experiências de seus semelhantes de maneira mais intensa e completa, conferindo uma sensação de prazer neste processo" (PENTEADO; ZATTERA; FORNARI, 2015). Além disso, segundo Kringelbach, Vuust e Geake (2008, p. 331), "ler é uma habilidade complexa que depende da atividade de muitas e distintas áreas funcionais distribuídas pelo cérebro todo", ressaltando a importância e a necessidade de leitura e escrita para o desenvolvimento de determinadas áreas cerebrais. Somente a leitura e a escrita diretas podem assegurar informações sobre ortografia, gramática, interpretação e tantas outras ferramentas de que crianças e adolescentes cegos ficariam privados sem o uso do braille (BELARMINO, 2001).

O Prof. Wilson afirma que a leitura através do braille oferece à pessoa com deficiência visual uma imagem mental da palavra que auxilia na ortografia, algo próximo do que acontece com videntes quando tem dúvida sobre a grafia de uma palavra e, ao escrevê-la de duas formas diferentes, rapidamente identificam a grafia correta pela estimulação visual, algo semelhante acontece com o braille que oferece um tipo de memória tátil da ortografia.

Kringelbach, Vuust e Geake (2008), em seu trabalho intitulado "The Pleasure of Reading" ("O prazer da leitura") declaram que:

linguagem e música nos permitem comunicar, registrar, apreciar e imaginar as experiências de outros indivíduos através do tempo e do espaço. Ler e escrever agem como interfaces menos voláteis de codificação e de decodificação dos prazeres temporais da linguagem e da música. (KRINGELBACH; VUUST; GEAKE, 2008, p. 331) (tradução nossa)



Isto aponta que semelhante autonomia para leitura e escrita também se faz necessária no aprendizado da música. O uso do sistema braille para esta finalidade de leitura e escrita musicais é conhecido como musicografia braille e suas bases, que foram desenvolvida pelo próprio criador Louis Braille, serão apresentadas na próxima seção.

## **1.2. Musicografia braille**

O uso do sistema braille para a escrita musical é apenas mais uma das tantas possibilidades de adaptação deste sistema. Igualmente, com apenas os mesmos 64 símbolos, é possível uma "alfabetização musical" à pessoa com deficiência visual, pois uma maneira completa de leitura e escrita musical foi desenvolvida através do braille, inclusive iniciada pelo próprio Louis Braille e desenvolvida posteriormente ao longo dos anos.

Da mesma maneira como, para uma pessoa com deficiência visual, o acesso a textos escritos pode se dar tanto pelo sentido da audição quanto pelo tato, na notação musical ocorre o mesmo fato. E assim como a entonação de um leitor influencia na interpretação do texto, em se tratando de música, a repetição de algo que foi ouvido pode influenciar muito na interpretação posterior da obra. Segundo afirmam Giesteira, Godall e Zattera (2015, p. 148), "é bastante comum encontrar músicos cegos que aprenderam a tocar 'de ouvido', isto é, aprenderam a tocar por imitação do som de outra pessoa".

Este recurso de aprender a tocar a partir de algo que se ouviu é também comum entre músicos videntes, um bom exemplo disso é o lendário violonista Paco de Lucia, que segundo o biógrafo Pohren (1992, p. 109) "não lia música" e descreve como "Paco conta a respeito da 'maneira louca' com que ele decifrou as partituras do concerto de Aranjuez, em vez de aprender a ler música, ou encontrar alguém que pudesse ajudá-lo, trancou-se em uma casa alugada no Caribe" (Ibid., p. 112). Este episódio demonstra a dificuldade que traz a falta do conhecimento da leitura, mesmo para um artista consagrado por seu nível técnico no instrumento, ratificando a importância de uma leitura autônoma para um musicista, seja ela a partitura para os videntes ou a musicografia braille para os cegos.



Existem, como para a escrita convencional, sistemas alternativos ao braille de representação de uma partitura em relevo, alguns desenvolvidos por professores e alunos cegos que buscam uma maneira de transformar a partitura convencional em uma partitura em relevo, em geral utilizam-se de suportes físicos como barbante, cola plástica, EVA<sup>8</sup>, canudinhos de refrigerante e etc, comumente são partituras ampliadas. Embora tais iniciativas sejam benéficas dentro de certos limites e objetivos, como bem atesta Goldstein (2000, p. 38) "aqui (na escola *The Music and Arts Center for the Handicapped*) nós mostramos aos estudantes a pauta com uma placa de metal com linhas em relevos e notas feitas de borracha magnética", é de se entender que seu valor está em tentar mostrar ao estudante cego como é a disposição e a espacialidade da partitura convencional (impressa em tinta ou digital), para que tenha meios de comparação com a musicografia braille que dispõe a partitura e todos os seus elementos de maneira linear, caractere por caractere, de uma maneira bastante diferente, porém a literatura acadêmica da pedagogia musical para pessoas com deficiência visual não recomenda seu uso em substituição à musicografia braille.

De acordo com Brasil (2004, p. 19), o "Manual Internacional de Musicografia Braille" publicado pelo MEC e que serviu como obra de referência sobre a musicografia braille nesta pesquisa, as notas Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá e Si são representadas pelos pontos superiores 1, 2, 4 e 5 da célula braille correspondendo respectivamente às mesmas células que representam as letras "d", "e", "f", "g", "h", "i" e "j", e os pontos inferiores 3 e 6, dentro da mesma célula, representam as durações das figuras, não se escreve, portanto, na musicografia braille uma nota musical sem que esta esteja associada à sua respectiva duração. Se ambos os pontos (36) estão em relevo, a duração é de semibreve. Se apenas o ponto (3) está em relevo, é uma mínima, se o ponto (6) apenas está em relevo, tem-se uma semínima e a colcheia é grafada sem relevo nos pontos 3 e 6. As demais durações, menores que a colcheia, são também representadas, porém de maneira ambígua, com os mesmos pontos 3 e 6, e não havendo outra indicação, a exata duração da figura depende do contexto. A Fig. 6 apresenta as possibilidades de combinações:

---

8 EVA: etileno acetato de vinila ou no inglês *Ethylene Vinyl Acetate*, é um termoplástico.

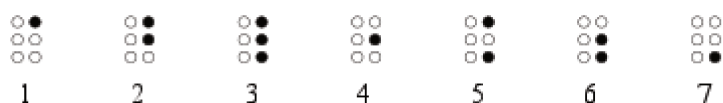
Figura 6 – Musicografia braille, alturas e durações.

	C	D	E	F	G	A	B
Semibreves ou Semicolcheias	●● ○● ●●	●○ ○● ●●	●● ●○ ●●	●● ●● ●●	●○ ●● ●●	○● ●○ ●●	○● ●● ●●
Mínimas ou Fusas	●● ○● ●○	●○ ○● ●○	●● ●○ ●○	●● ●● ●○	●○ ●● ●○	○● ●○ ●○	○● ●○ ●○
Semínimas ou Semifusas	●● ○● ○●	●○ ○● ○●	●● ●○ ○●	●● ●○ ○●	●○ ●● ○●	○● ●○ ○●	○● ●○ ○●
Colcheias ou Quartifusas	●● ○● ○○	●○ ○● ○○	●● ●○ ○○	●● ●○ ○○	●○ ●● ○○	○● ●○ ○○	○● ●○ ○○

Fonte: Elaborada pelo autor.

Além da denominação da nota, para garantir sua altura exata, ainda se faz necessária uma indicação da oitava a que ela pertence, então, como referência, ao menos a primeira nota de uma peça em musicografia braille precisa de uma indicação de oitava para que possa ser situada. A oitava do Dó central recebe o número 4 e apenas 7 oitavas são diretamente numeradas, como mostra a Fig. 7, mas há maneiras de se marcarem oitavas mais graves que a número 1 ou mais agudas que a número 7 através da combinação de células, o sistema é bastante detalhado e pensado. As notas de uma mesma oitava seguem o padrão da notação tradicional e recebem o mesmo número, desde o primeiro Dó até a nota Si, o Dó da próxima oitava incrementa uma unidade na marcação de oitava anterior e assim sucessivamente. Eventualmente a marcação de oitava é omitida, com base no intervalo das notas subsequentes a uma primeira que foi escrita com marcação de oitava. Mais detalhes sobre a marcação de oitava podem ser vistos em Brasil (2004, p. 22). Em Brasil (2006, p. 21), tem-se que 63 símbolos do braille são dispostos em uma ordem denominada "ordem braille", a qual categoriza as células em 7 grupos distintos denominados "séries". O sétimo destes grupos, ou a "7ª série", é que foi utilizado para a marcação de oitavas exposta na Fig. 7.

Figura 7 – Sinais utilizados para a marcação de oitavas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Notas, pausas, acidentes, acentos, ligaduras, ornamentos, digitações, claves e armaduras, fórmulas de compasso, quiálteras, polifonia, acordes, clusters, diferentes tipos de cabeça das notas ou de hastes, trêmulo, repetições, barras de compasso, sinais de direção, ornamentos, dinâmica, cifras, análise harmônica, baixo cifrado, fermata, especificidades para instrumentos como o pedal do piano ou do órgão, ou na música vocal como sinais de respiração, para o violão e a guitarra sinais de palheta, corda, casa, pestana, harmônicos, especificidades para instrumentos de sopro como a surdina, e uma longa lista de outros recursos podem ser grafados através da musicografia braille.

Segundo Goldstein (2000, p. 36), "a musicografia braille provê todas as informações de uma partitura em tinta - notas e seus valores, dinâmica, marcas de expressão, e digitação. Logicamente, ela parece diferente, porque toda a informação tem que ser dada em uma única linha que um dedo pode ler", e completa "a pauta é descartada completamente". Esta riqueza de detalhes que a musicografia braille provê e ainda associada à possibilidade de uma leitura que pode ocorrer de forma completamente autônoma, coloca este sistema para a pessoa com deficiência visual em um mesmo grau de importância que o sistema tradicional de partituras (impressas em tinta ou digitais) tem para os videntes na leitura e também na escrita musical. O uso do braille em ambiente computacional será mostrado na próxima seção.

### 1.3. O braille e o computador

Para uma pessoa cega, a tela do computador ou monitor, tal qual se mostra hoje como um periférico de saída, é uma peça do *hardware* que não possui uma utilidade direta, uma vez que necessita do uso da visão para interagir com ela. O fato de que a tecnologia dos computadores ainda não oferece acessibilidade completa e autônoma à pessoa com deficiência visual implica em que um vidente

precise eventualmente tomar alguma ação em favor da pessoa cega, mas, em linhas gerais, um equipamento desenvolvido para a saída de dados em forma de luz não atende as necessidades de uma pessoa sem a visão. A saída de dados necessariamente deve acontecer em forma alternativa, seja auditiva ou tátil.

O substituto do monitor para uma pessoa cega são os chamados *softwares* leitores de tela ou no inglês *screen readers*, esta classe de *softwares* interage com o sistema operacional capturando elementos textuais exibidos ao usuário e convertendo-os em áudio através de sintetizadores de voz ou em informação tátil através dos chamados *braille displays* ou linhas braille, no português. A conversão de texto para áudio é conhecida internacionalmente na informática como *text to speech* ou apenas *TTS* e o texto em foco é lido linha por linha por uma voz sintetizada. As linhas braille são dispositivos de *hardware* que possuem células braille com pontos cujo relevo podem ser controlados por *software*, também exibem o texto linha por linha, apenas uma por vez. Existem vários modelos de linhas braille e a quantidade de caracteres por linha pode variar numa ampla faixa de 14 a 80 nos modelos mais comuns encontrados no mercado.

O braille, em ambiente computacional, possui algumas idiossincrasias, as línguas que possuem diacríticos, como os acentos do português, mapeiam determinadas combinações de pontos para representarem tais letras, mas as mesmas células, em uma língua diferente, podem ser mapeadas para outros símbolos. No inglês ou outras línguas que não possuem nenhuma acentuação, as mesmas células tem outro significado. A configuração de um equipamento de informática tanto para a leitura quanto para a escrita correta do braille não costuma ser muito trivial, e nem sempre é possível fazer com que, por exemplo, uma impressora imprima um texto corretamente, ou que o leitor de tela identifique o contexto em que está trabalhando, causando confusões ao usuário. Como exposto anteriormente, a nota Dó com valor de colcheia tem a mesma exata representação da letra "d", ou seja, os pontos (124), quando um leitor de tela depara com tal situação, como converterá para voz o caractere lido? "Dó" ou "d"?

A inserção de dados em braille também encontra dificuldades, não é simples inserir em um computador uma combinação de seis pontos, porque os dispositivos padrões de entrada de dados mais comumente disponíveis, i.e. o

teclado e o *mouse*, não foram projetados e nem desenvolvidos para este uso ou finalidade.

Muitos *softwares* baseiam-se em um ambiente extremamente gráfico e seu controle depende bastante do uso do *mouse*, dispositivo de uso muito difícil ou quase impossível para uma pessoa cega, uma vez que sua utilização depende muito da visão para localizar o ponteiro do *mouse* em pontos específicos da tela. Quando um *software* utiliza ícones e imagens em vez de textos, a leitura destes itens pelos leitores de tela é ignorada, sendo este um outro empecilho para o uso autônomo do computador por uma pessoa com deficiência visual.

A acessibilidade no computador encontra algum respaldo, mas na prática apenas as soluções baseadas em textos possuem uma acessibilidade mais direta e concreta. Quando se trata de notação musical, os *softwares* podem fazer uso de imagens ou de texto, ambas as abordagens serão mostradas nas duas próximas seções.

#### **1.4. Softwares para a notação musical**

Podem-se categorizar os *softwares* entre proprietários e livres. Stallman (2010, p. 3) define *softwares* livres como aqueles cujas licenças garantam quatro liberdades a seus usuários: 1) rodar o *software*, utilizando-o para qualquer propósito; 2) estudar e modificar o *software*; 3) redistribuir o *software*; 4) distribuir cópias de versões modificadas do *software*. Tais *softwares* costumam ser desenvolvidos por um único programador ou por uma comunidade envolvida em um sistema de trabalho colaborativo. O conceito de *software* livre está baseado nas liberdades concedidas aos usuários do *software* pelas licenças dos produtos e não tem uma relação direta com o preço dos mesmos, ainda que os *softwares* livres geralmente acabem sendo distribuídos gratuitamente.

Por exclusão, Stallman (2010, p. 81) define *softwares proprietários* como aqueles cujas licenças não se enquadram nas quatro liberdades do *software* livre. Tais *softwares* em geral são desenvolvidos e distribuídos por grandes empresas de *software*, e ainda que sejam gratuitos (*freewares* ou *sharewares*) ou que possuam uma versão gratuita, ferem ao menos uma das quatro liberdades do usuário. Além da questão do preço, os *softwares proprietários* são como uma "caixa preta", usando

o jargão da computação, é necessário confiar na idoneidade da empresa que o fornece, pois é impossível de maneira trivial ou rápida garantir que o *software* limite-se a fazer apenas aquilo a que se destinaria a fazer.

Define-se sistema operacional como um *software* ou um conjunto de *softwares* e rotinas cuja função seja gerenciar os recursos mais gerais do sistema como o uso da memória, a criação do sistema de arquivos, as prioridades de uso do processador entre os *software* que estão rodando concomitantemente, o uso do *hardware*, etc, permitindo que o usuário possa interagir com o computador, o sistema operacional é executado logo após o computador ser ligado. O sistema operacional utilizado nesta pesquisa foi o Linux (Debian Linux Wheezy versão 7).

Após esta primeira camada de *software* que é o sistema operacional, a interação de uma pessoa cega com o computador necessita da mediação de um leitor de tela. São exemplos deles: o proprietário JAWS desenvolvido pela empresa Freedom Scientific<sup>9</sup>, e os softwares livres NVDA para Windows<sup>10</sup> e o Orca para Linux<sup>11</sup>.

São exemplos de *softwares* proprietários para notação musical: Capella, Encore, Finale, Forte, GOODFEEL e Lime, Guitar Pro, Igor Engraver, MagicScore, Mozart, Mus2, MusEdit, Musink, MusiCAD, MusicEase, Music, Write, NOTION, NoteWorthy Composer, Overture, Power Tab Editor, SCORE, ScoreCloud, Sibelius, SmartScore, etc. Desta grande lista, apenas o Guitar Pro possui uma versão para Linux, i.e., o uso dos demais exige um gasto a priori com o sistema operacional.

São exemplos de *softwares* livres para notação musical: Canorus, LilyPond, Denemo, Frescobaldi, Impro-Visor, MuseScore, MusiXTeX, Musibraille<sup>12</sup>, NoteEdit, NtEd, Rosegarden, TuxGuitar, Vexflow, etc.

A maior parte destes *softwares* está apoiada em uma *interface* gráfica que por si só já desfavorece seu uso por uma pessoa com deficiência visual, e em geral ainda estes *softwares* são muito dependente da ação do mouse. A próxima seção

---

9 <http://www.freedomscientific.com/>

10 <https://www.nvaccess.org/>

11 <https://wiki.gnome.org/Projects/Orca>

12 Este software é divulgado como *software* livre mas seu código fonte não está disponível na mesma página de *download* do *software* como seria o padrão usual, porém contatado por e-mail, o seu desenvolvedor forneceu o código fonte. É importante notar que este software foi desenvolvido para favorecer a escrita da musicografia braille em computadores e não exatamente para a notação convencional.



apresenta alguns sistemas alternativos de notação musical através de textos, os quais não utilizam ambientes gráficos para a *interface* com o usuário.

## 1.5. Notação Musical Textual

Existe um sistema primordial, para a preparação de documentos, baseado em uma escrita puramente textual, que não contém gráficos ou estilos (negrito, itálico, cores, tamanhos de fonte e etc), mas apenas os caracteres que podem ser digitados por um teclado comum de computador. Neste sistema, denominado LaTeX<sup>13</sup>, alguns caracteres são considerados caracteres de comando ou macros, apesar de não conterem qualquer formatação. Quando um texto escrito com a sintaxe específica do LaTeX passa por um processamento, é produzido um documento contendo inúmeras formatações, referentes aos comandos do texto original. O LaTeX, foi uma implementação de mais alto nível de seu predecessor, o TeX, um sistema de diagramação de texto desenvolvido por Donald Knuth. De acordo com Abeywardena (2012, p. 13), o princípio fundamental por trás do LaTeX é permitir que o usuário se concentre no conteúdo em vez da formatação, e a precisão de formatação fez do LaTeX o padrão *de facto* para a formatação de documentos científicos e matemáticos, incluindo gráficos, tabelas, gráficos vetoriais e fórmulas. Um exemplo prático do sistema LaTeX pode ser observado na Fig. 8, a imagem foi gerada a partir do seguinte texto: `\sum_{i=1}^n x_i = \int_0^1 f`.

Figura 8 – Um exemplo de escrita com LaTeX

$$\sum_{i=1}^n x_i = \int_0^1 f$$

Fonte: Lamport (1994, p. 44).

A primeira tentativa de se usar um sistema textual para se gerar música a partir de texto foi o MuTeX em 1987, escrito por Andrea Steinbach e Angelika Schofer em trabalho de mestrado, MuTeX foi projetado para produzir música monofônica e podia acomodar também a letra, MuTeX proveu as bases para o sucessor MusicTeX, desenvolvido principalmente por Daniel Taupin e pretendia

<sup>13</sup> <https://www.latex-project.org/>

servir para a escrita orquestral e música polifônica, este software gerou o MusiXTeX sete anos mais tarde (ICKING, 1997, p. 222).

A Fig. 9 apresenta um exemplo de criação de uma partitura musical a partir de texto usando o MusiXTeX, o texto que gerou as notas também está na mesma figura.

Figura 9 – Typesetting music with MusiXTeX



has been coded as:

```
\Notes\ibbl0j0\hb0j\tbl0\hb0j\enotes
\Notes\ibbu0g0\hh0g\tbu0\hh0g\enotes
```

Fonte: Taupin (2010, p. 20).

Em 1996, Han-Wen Nienhuys e Jan Nieuwenhuizen, que trabalhavam no projeto MusiXTeX, decidiram criar um novo projeto inspirado na mesma sintaxe do LaTeX chamado Lilypond. A principal diferença é que, enquanto a família MuTeX, MusicTeX e MusiXTeX é constituída de macros para serem usados com o TeX, o Lilypond é um *software* independente. Com o Lilypond, a imagem da Fig. 10 pode ser gerada a partir do processamento deste texto: {c d e f g a b}

Figura 10 – Partitura escrita com o Lilypond.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Textos para produzir partituras são uma alternativa especialmente interessante para uma pessoa com deficiência visual porque a leitura e escrita de textos, auxiliadas por uma linha braile ou leitor de tela, são mais simples e mais viáveis do que a produção e interação em ambientes gráficos. Diversas outras iniciativas para a notação musical a partir de texto existem e todas são distribuídas sob licenças de *softwares* livres, sendo algumas delas são: Lilypond, ABC Notation, Guido, Musedata, Musitex, LaTeX, etc

Embora a demanda desta pesquisa não tenha se restringido unicamente à questão da notação musical de partituras, pois também se pretendiam as representações de letras cifradas e de diagramas de acordes para violão, o



conhecimento adquirido através dos estudos destes sistemas de notação musical textual favoreceu o desenvolvimento de *softwares* dedicados que contribuíram para a resolução de problemas mais específicos. O tipo de licença livre permitiu o uso, o estudo e a modificação de alguns destes *software*.

Na próxima seção será abordada a dimensão financeira da acessibilidade, que inclusive é uma das justificativas do uso extensivo de *softwares* livres na elaboração deste presente trabalho e da busca de soluções mais econômicas de *hardware* para a acessibilidade em ambiente computacional.

## 1.6. O custo da acessibilidade

Sasaki (2009) fala de barreiras para cada uma das seis dimensões da acessibilidade: arquitetônica (barreiras físicas), comunicacional (barreiras na comunicação entre pessoas), metodológica (barreiras nos métodos e técnicas de lazer, trabalho, educação etc.), instrumental (barreiras em instrumentos, ferramentas, utensílios etc), programática (sem barreiras embutidas em políticas públicas, legislações, normas etc.) e atitudinal (sem preconceitos, estereótipos, estigmas e discriminações nos comportamentos da sociedade para pessoas que têm deficiência). Poderíamos pensar agora um pouco na questão do custo da acessibilidade, quando eventualmente algo poderia ser acessível mas não é, devido à falta de recursos financeiros da pessoa com deficiência.

Esta barreira do custo da acessibilidade também está presente na área do *software*, a título de comparação, tem-se a seguir uma relação de alguns dos principais *softwares* para notação musical no mercado e seus respectivos preços (consultados em 07/03/2017): Encore US\$280<sup>14</sup>, Sibelius US\$600<sup>15</sup> e Finale US\$600<sup>16</sup>. Como não possuem versão para Linux, seu uso implica em custos extras com a aquisição de um sistema operacional, além de exigir o leitor de tela. O leitor de tela JAWS Pro<sup>17</sup>, consultado em 08/03/2017, custava US\$1100 e o sistema operacional Windows 10 Pro<sup>18</sup> na mesma data custava US\$200.

---

14 <http://www.passportmusic.com/products/encore/buy-encore-now/>

15 <http://www.avid.com/en/sibelius/how-to-buy>

16 <https://store.makemusic.com/Store/>

17 [http://sales.freedomscientific.com/Category/11\\_1/JAWS%C2%AE\\_Screen\\_Reader.aspx](http://sales.freedomscientific.com/Category/11_1/JAWS%C2%AE_Screen_Reader.aspx)

18 [https://www.microsoftstore.com/store/msusa/en\\_US/pdp/Windows-10-Pro/productID.319935900](https://www.microsoftstore.com/store/msusa/en_US/pdp/Windows-10-Pro/productID.319935900)

Portanto, uma pessoa cega utilizando Finale ou Sibelius, no Windows, com o JAWS Pro, teria um custo de US\$1900 só para adquirir os *softwares*.

Se o usuário preferir ou quiser acrescentar algum *feedback* tátil além do auditivo, através de uma linha braille, o custo de tais equipamentos, segundo o site da *American Foundation for the Blind*<sup>19</sup> variam entre US\$3500 a US\$15000.

É de se ressaltar que a alternativa livre para a edição de partituras, com características bem próximas aos *softwares* proprietários citados nesta seção, é o Musescore<sup>20</sup>, cujo preço é zero e funciona nos três sistemas operacionais Windows, Mac OSX e Linux.

Como esta pesquisa aconteceu no âmbito na universidade pública, optou-se pelo uso de *softwares* livres em sua integralidade, o fato deve-se ao custo zero aliado a uma licença mais favorável ao usuário e à pesquisa, melhor confiabilidade sobre quais são as funções reais dos *softwares*, facilidade de instalação e disponibilidade para os três sistemas operacionais mais conhecidos: Windows, Mac OSX e Linux. Além disso, o *software* livre permite que seu código seja alterado e depois distribuído, i.e., qualquer alteração que melhore sua acessibilidade para a pessoa com deficiência visual pode ser feita e acrescentada às funcionalidades do *software* dentro da legalidade e pode a seguir ser distribuída gratuitamente. E em geral os *softwares* livres são desenvolvidos por grupos ou até comunidades de desenvolvedores e costumam dispor de boa documentação para modificações e melhorias do código original.

A escrita do braille em computadores também tem um custo superior em relação à escrita de textos convencionais devido aos equipamentos/periféricos necessários nesta operação e que serão mostrados mais adiante, porém antes é necessário explicar um pouco sobre a maneira como o braille é escrito fisicamente em papel.

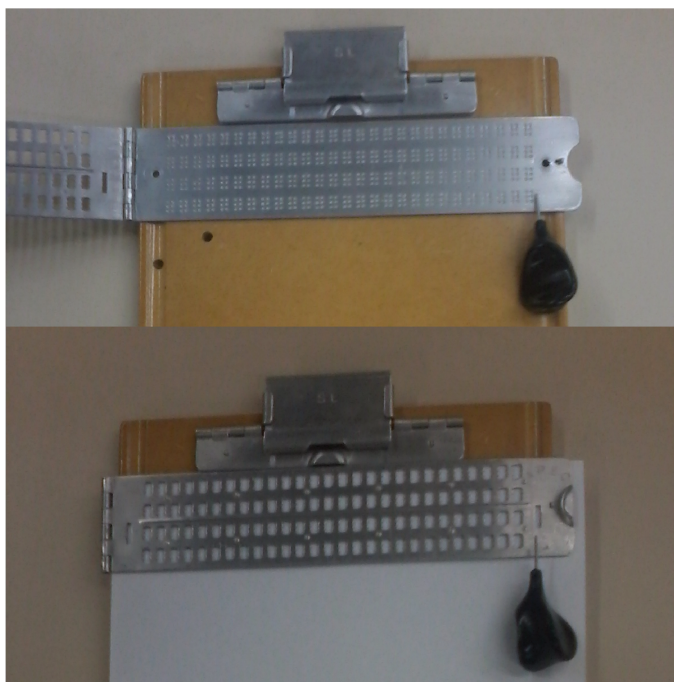
Tradicionalmente a escrita do braille em papel é feita com dois dispositivos denominados reglete e punção. A reglete é uma guia com diversos moldes perfurados no tamanho das células braille. Dentro desta guia é colocada uma folha de papel e com a punção, um instrumento pontiagudo, pressionam-se os pontos dos moldes vazados que se deseja que fiquem em relevo, como na Fig. 11.

---

<sup>19</sup> <http://www.afb.org>, acesso em: 07 mar. 2017.

<sup>20</sup> <https://musescore.org>

Figura 11 – Reglete e punção.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Existe também um modelo semelhante a uma máquina de escrever, porém com bem menos teclas denominado *brailleur*. Segundo Kay (1999, p. 42), em 1892, Frank Hall inventou a primeira *brailleur*, a qual possuía uma tecla para cada ponto de uma célula braille e mais uma tecla para o espaço, ele também inventou o estereótipo (ou clichê) que permitiu a impressão de música e livros em braille. A Fig. 12 mostra um modelo Perkins de *brailleur*.

Figura 12 – Perkins brailier.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em computadores, é possível realizar esta escrita direta de células braille com o uso das linhas braille, apesar de seu alto custo, conforme citado anteriormente. Existe uma opção mais barata, que é a simulação de uma *brailier* utilizando um teclado comum para computadores através do remapeamento de seis teclas para produzirem uma célula braille, em geral são usadas as letras "FDSJKL", porém nem todo teclado de computador permite esta emulação, conforme afirma Tofani (2012, p. 39), "Alguns modelos deste dispositivo (teclados de computador) apresentavam-se incapazes de responder à pressão a simultânea de múltiplas teclas. Trata-se da maneira como é fabricada a matriz de teclas de cada dispositivo", ressaltando ainda que tal fato é mais comum nos computadores portáteis (*notebooks*).

Na impossibilidade da escrita direta do braille e a preços acessíveis, muitas pessoas com deficiência visual utilizam o teclado convencional com pontos em braille sobre cada tecla, estes pontos podem ser feitos através de adesivos colados sobre as teclas ou de teclados que já vem de fábrica com estes relevos, como mostra a Fig. 13, embora o preço destes teclados seja da ordem de uma dezena de vezes mais caro que os teclados comuns sem estas marcas. Ainda assim, como diversas teclas possuem mais de um caractere, cujas digitações são possíveis através de combinações das teclas Shift e Alt Gr, não há espaço físico suficiente para várias células braille em uma mesma tecla. Alguns símbolos e

caracteres especiais representam mais uma sobrecarga de memorização para a pessoa com deficiência visual, que já enfrenta grandes esforços neste quesito por conta dos inúmeros atalhos que são usados em substituição ao *mouse*.

Figura 13 – Teclado com pontos em braille.

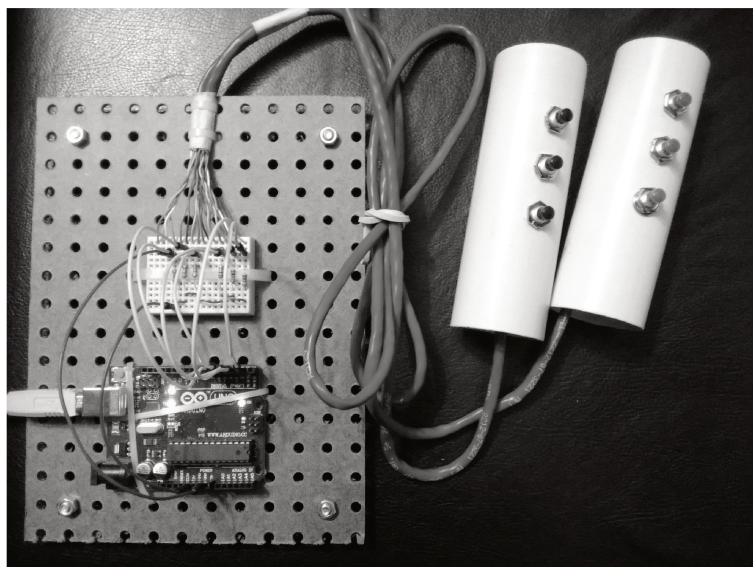


Fonte: Elaborada pelo autor.

Devido a esta dificuldade, durante esta pesquisa desenvolveu-se um dispositivo de baixo custo para a escrita do braille em computadores, o "*Braille Handles*" apresentado na Fig. 14, que foi alvo de uma requisição de patente pela UNICAMP através da agência de inovação (INOVA) junto ao INPI sob número BR 10 2016 005568 7. Sua constituição permite algumas vantagens com relação a um teclado comum, pois pode processar os toques de tecla, e até modificá-los, antes de serem capturados pelo leitor de tela, permitindo o uso de determinados comandos e atalhos que em geral um teclado emulado através das teclas "FDSJKL" não pode executar por entrar em conflito com o leitor de tela.



Figura 14 – *Braille Handles*, dispositivo para a escrita do braille em computadores.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Segundo a Pesquisa Nacional de Saúde de 2013 do IBGE, a deficiência visual atinge 3.6% da população, considerando casos de cegueira de ambos os olhos, cegueira de um olho e visão reduzida do outro, cegueira de um olho e visão normal do outro e baixa visão de ambos os olhos. Nestas condições, um bom percentual deste grupo não tem uma necessidade que seja absoluta do braille para a leitura, a Sociedade Brasileira de Oftalmologia<sup>21</sup> estimava em 2009 o número de pessoas cegas em 0.6% da população. Embora percentualmente o número até pareça pequeno, refere-se a cerca de meio milhão de pessoas, só no Brasil, com demanda de soluções para sua integração com a cultura escrita de textos e música, a qual depende principalmente de materiais em braille. Neste grupo, de maneira inversa, são meio milhão de pessoas com produções musicais, acadêmicas, literárias, etc, que, caso sejam concebidas originalmente em braille, demandam pelos videntes um sistema de acessibilidade recíproca para que estes possam usufruir de tais produções, o que constitui o caminho de mão dupla da acessibilidade recíproca.

Soluções que agilizem a conversão de materiais do braille e para o braille são benéficas tanto para cegos quanto para videntes, especialmente se ocorrerem a baixos custos.

<sup>21</sup> <http://www.sboportal.org.br>

## 1.7. Softwares desenvolvidos nesta pesquisa

Durante a elaboração desta dissertação foram testados diversos *scripts* e *softwares* escritos em diferentes linguagens como PHP, Javascript, C, etc, versões em Javascript estão publicadas como *software* livre sob a licença GPLv3<sup>22</sup> e disponíveis no endereço <http://www.nandopenteado.com/mestrado>, funcionam via *internet* como uma ferramenta *online*, sem a necessidade de qualquer tipo de instalação, porém podem ser baixados e utilizados quando não houver acesso à *internet*, inclusive em dispositivos móveis. O acesso ao link não é imprescindível à compreensão deste texto, pois sempre será anexada uma figura demonstrando a ação dos *softwares*. Apesar disto, o link permite que todos os exemplos sejam testados com ou sem modificações, bem como se prestará a programadores que pretendam estudar e entender os algoritmos utilizados.

A estrutura básica de todos estes *softwares* foi a de um sistema para análise de uma entrada de dados em formato de texto. A análise destes textos seguiu o modelo de análise utilizado por *softwares* categorizados como compiladores. As entradas textuais foram entendidas como o código fonte de uma linguagem de programação, e neste contexto o termo "linguagem" refere-se ao conceito de linguagem formal, o qual é diferente do conceito de linguagem natural. Da mesma maneira, também serão utilizados neste trabalho outros termos referentes a esta abordagem do conceito de linguagem formal tais como: gramática, alfabeto, regras de produção, etc. Estes termos serão rapidamente explanados aqui sem a intenção de serem aprofundados, a explicação servirá apenas para fornecer subsídios básicos para a compreensão dos algoritmos computacionais empregados e principalmente para esclarecer o tipo de abordagem que a interpretação de texto adquire no âmbito do seu processamento e da análise por estes *softwares*. Uma abordagem um pouco mais detalhada sobre este assunto está disponível no apêndice deste trabalho.

No contexto proposto, o significado (semântica) do texto não tem qualquer relevância. Os textos são interpretados como uma linguagem de computador, ou seja, como uma linguagem formal, em que analisadores serão utilizados para transformar texto em uma estrutura lógica computacional denominada árvore de

---

<sup>22</sup> <https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.en.html>

derivação, com uma única diferença, a de que os compiladores geralmente transformam textos em códigos binários. Aqui os textos serão convertidos em sons, imagens, e/ou textos em outras codificações diferentes da entrada original, como por exemplo o braille ou o MusicXML.

Na seção seguinte serão apresentados os objetivos específicos e o geral desta pesquisa.

## 1.8. Objetivos

Objetivo geral:

1) Estudo e desenvolvimento de um sistema de escrita textual, para a notação musical, que favoreça a comunicação e o intercâmbio de informações musicais entre um violonista cego e um vidente, com foco na pedagogia do violão, permitindo entre eles um diálogo musical apoiado por um sistema computacional que lhes propicie a acessibilidade recíproca.

Objetivos específicos:

1) Utilização de uma sintaxe simples e intuitiva na escrita textual desenvolvida neste trabalho, permitindo que uma pessoa com poucos conhecimentos técnicos em música possa colaborar com a produção de materiais musicais acessíveis para a pedagogia do violão.

2) Criação de um metamodelo computacional para a representação de informações e ideias musicais que possa importar e exportar dados de notação musical para outros formatos;

3) Criação de *softwares* livres para promover a conversão de música escrita no formato textual proposto nesta pesquisa para outros como: imagens, PDF, áudio, MIDI, MP3, WAV, MusicXML, etc, com ou sem o auxílio de *softwares* de terceiros;

O próximo capítulo apresentará a metodologia utilizada para a análise de dados nesta pesquisa.



## 2. Metodologia

Tomando por base o objetivo principal deste trabalho que buscou a criação de um sistema de notação de partituras e de escrita de materiais pedagógicos musicais, que fosse intermediário entre o tradicional e o braille para facilitar e acelerar a comunicação e o intercâmbio de informações musicais no ensino do violão envolvendo músicos cegos e videntes, optou-se pelo uso de uma metodologia qualitativa.

Ludke e de André (2008, p. 11) afirmam que Bogdan e Bicklen no livro "A pesquisa qualitativa em educação" apresentam cinco características básicas como referencial para se discutir este tipo de pesquisa, as quais bem se aplicam ao presente trabalho cujo foco é a pedagogia musical. São elas: a) A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento; b) Os dados coletados são predominantemente descritivos; c) A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto; d) O significado que as pessoas dão às coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo pesquisador; e) A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo. Um processo indutivo consiste em testar e aperfeiçoar modelos de entendimento de um dado fenômeno, enquanto que a abordagem dedutiva, utiliza os modelos já testados, caracterizando assim a abordagem quantitativa.

Segundo Godoy:

Os estudos denominados qualitativos têm como preocupação fundamental o estudo e a análise do mundo empírico em seu ambiente natural. Nesta abordagem valoriza-se o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo estudada. (GODOY, 1995, p. 62)

Dada esta importância do ambiente, no qual se desenvolve uma pesquisa qualitativa, em proporcionar o contato direto do pesquisador com seu objeto de pesquisa, e sendo a acessibilidade o objeto principal deste estudo, o local escolhido para o desenvolvimento desta pesquisa foi o Laboratório de Acessibilidade da Biblioteca Central Cesar Lattes da Universidade Estadual de Campinas (LAB/BCCL/Unicamp) ou simplesmente LAB, como é mais conhecido.

O LAB, segundo Arnais, Stadoan e Zattera (2014), iniciou suas atividades em 2002 com a finalidade de possibilitar que os alunos (da UNICAMP) com

deficiência pudessem realizar seus estudos em ambientes inclusivos de ensino e aprendizagem, prestando serviços de acesso à informação, com vistas à participação da vida social e acadêmica por pessoas com deficiência da universidade e da comunidade externa, com destaque ao uso dos recursos tecnológicos para pesquisas, localização e obtenção de documentos, favorecendo, assim, a autonomia e independência desses usuários.

De acordo com Mantoan e Baranauskas (2003), uma das proposições para que se atingisse o objetivo central do projeto do LAB<sup>23</sup>, entre outras, era criar e disseminar o uso de novas ferramentas de apoio à aprendizagem e ao ensino, que servissem de complemento à educação superior de alunos com deficiência.

Arnais, Stadoan e Zattera (2014) apontam que as barreiras de comunicação no âmbito da escrita impressa e digital, embora sejam destacadas como ações de políticas socioculturais, se não eliminadas, geram falta de informação em função dos sistemas de comunicação (visuais ou auditivos) não estarem disponíveis para as pessoas com deficiência.

Segundo o coorientador desta pesquisa de mestrado, o Prof. Vilson, há acessibilidade na universidade, mas quando um aluno com deficiência visual precisa de um livro, a conversão para o braille pode demorar bastante, e no caso de um livro de partituras, pode demorar ainda muito mais ou simplesmente não ser realizada, dadas as dificuldades de criação de materiais em musicografia braille. A mesma opinião também é compartilhada por Bonilha (2006, p. 4): "A maior dificuldade que enfrentei em meu processo de formação musical não esteve relacionada ao aprendizado da Musicografia em si ou à assimilação do código propriamente dita." e completa "O maior obstáculo enfrentado se referiu a grande escassez de partituras transcritas e à demora na produção do material solicitado". A partir desta demanda de material acessível para música, entendeu-se que uma pesquisa que envolvesse um sistema de simplificação e agilização do processo de transcrição de materiais com informações musicais traria benefícios para a área da acessibilidade à pessoa com deficiência visual e que o LAB seria o ambiente ideal para o desenvolvimento de tal pesquisa.

---

<sup>23</sup> O objetivo central seria garantir aos alunos com deficiência o direito de realizar seus estudos de nível superior em ambientes inclusivos de ensino e aprendizagem.

"Nada sobre nós, sem nós", é um importante lema utilizado em diversos momentos em que se tem a intensão de se criar algo para pessoas com algum tipo de deficiência, alertando para a necessidade do envolvimento de tais pessoas em todas as fases do processo. Para Sasaki (2007), o entendimento desta frase deve ser no sentido de que nada (como: leis; políticas públicas; programa; serviço; projeto; campanha; financiamento; edificação; aparelho; equipamento; utensílio; sistema; estratégia; benefício; etc) a respeito das pessoas com deficiência deveria ser realizado sem a plena participação das próprias pessoas com deficiência. Para Charlton (1998, p. 3), a frase, que também é o título de seu livro *Nothing about us, without us*, ressoa com a filosofia e história do *Disability Rights Movement* (DRM ou movimento sobre os direitos das pessoas com deficiência) do qual uma de suas figuras principais, Ed Roberts, afirma que se há algo que aprenderam com os movimentos de direitos civis nos EUA é que "quando outros falam por você, você perde". Este lema é amplamente aceito também no Brasil entre estudiosos e ativistas de temas que envolvem acessibilidade e inclusão.

Portanto foi de suma importância a presença e a interação com esta pesquisa do Prof. Vilson, que perdeu sua visão completamente ainda na infância, sendo doutor em etnomusicologia, professor e também violonista. Ele foi o coorientador e também participante na práxis envolvida neste processo de se facilitar o diálogo musical entre o violonista cego e o vidente, no caso, o autor deste trabalho.

Porém já nos primeiros momentos foi notório que ainda que fosse possível criar um sistema para gerar rapidamente um grande acervo de partituras em musicografia braille, e ainda que tal acervo fosse valoroso para a aprendizagem musical de uma pessoa com deficiência visual, a questão da acessibilidade não estaria plenamente resolvida, além de poder ler partituras transcritas para o braille a partir de um original impresso em tinta ou digital, seria importante que tal pessoa pudesse também escrever partituras, e escrever em um meio que lhe fosse mais conveniente, no caso a musicografia braille, que posteriormente pudesse ser convertida para o sistema tradicional e ser impressa em tinta, percebeu-se que o caminho reverso da acessibilidade seria igualmente importante.

Aprofundando ainda mais a questão, mesmo que tal acessibilidade ocorresse nesta via de mão dupla, iria se chegar novamente a uma ação em que algo estivesse sendo feito em prol da pessoa com deficiência, uma ajuda ou quase um favor para que uma pessoa cega pudesse ter acesso às partituras impressas ou que pudesse escrevê-las.

Porque então não pensar na possibilidade do vidente também poder ter acesso ao braille, mesmo que de maneira indireta, auxiliado por ferramentas computacionais? Em uma relação professor-aluno, o fluxo de ida e volta da informação, de conhecimentos, de propostas, de exercícios e respostas é muito importante, e muito importante também que cegos possam ter meios de ler e escrever partituras para impressão em tinta, do mesmo modo que videntes possam ler e escrever partituras em braille.

Confrontou-se assim com uma inversão de paradigma. Não apenas a pessoa com deficiência visual precisaria de acessibilidade mas a pessoa vidente também, caso a comunicação entre ambas fosse o objetivo maior. A partir disso a busca deixou de ser por um sistema de apenas gerar partituras em braille a partir de partituras impressas em tinta, mas de se desenvolver um sistema de notação intermediário passível de ser lido diretamente por cegos e videntes. Configurando-se quase como uma *lingua franca* para a escrita musical, que não pretende em hipótese alguma substituir nem o sistema tradicional de notação e nem tampouco a musicografia braille, servindo apenas como uma ponte para um trânsito mais fácil e rápido entre ambos os sistemas de notação já consagrados pelo crivo do tempo.

A inversão do foco da própria frase "nada sobre nós, sem nós" que anteriormente recaía apenas sobre o lado da pessoa cega, passou a exigir a participação de um vidente para que tal desenvolvimento fosse completo, e sendo o próprio autor desta pesquisa pessoa vidente, professor de música e também violonista, atuando como agente na interação com seu coorientador para a criação de um sistema duplamente acessível tanto por cegos quanto videntes, tais fatos induziram à utilização do modelo de investigação denominado "pesquisa-ação".

Segundo Thiollent:

A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação da realidade a ser investigada

estão envolvidos de modo cooperativo e participativo. (THIOLLENT, 2003, p. 14)

Como não há literatura anterior específica que possa propiciar alguma terminologia para designar esta acessibilidade bilateral necessária para o desenvolvimento de uma comunicação completa entre pessoas ou grupos com necessidades diferentes para poderem se expressar e interagir, bem como para designar a possibilidade da utilização de um recurso de acessibilidade independente de se possuir ou não uma deficiência específica, optou-se ao longo deste trabalho pelo uso de um novo termo: acessibilidade recíproca.

Segundo Godoy (1995, p. 61), "do ponto de vista metodológico, a melhor maneira para se captar a realidade é aquela que possibilita ao pesquisador 'colocar-se no papel do outro', vendo o mundo pela visão dos pesquisados". Embora nesta pesquisa não tenha havido exatamente a figura do "pesquisado", dado que os próprios pesquisadores estavam desenvolvendo e analisando o meio para um processo de intercomunicação ou "diálogo musical", a ideia de vivenciar o olhar do outro, em especial quando de se fala da interação entre cegos e videntes, possui um valor acima do poético, onde ferramentas que propiciem diferentes maneiras de se visualizar mentalmente o mesmo objeto - quer a captação dos estímulos aconteça pela visão ou pelo tato - ou ferramentas que propiciem a acessibilidade recíproca guardam o potencial de promover principalmente a alteridade. Por diversas vezes o Prof. Vilson disse: "será uma maneira de vocês (videntes) entenderem como a gente (cegos) pensa", denotando a enorme barreira de separação que ainda há entre pessoas que possuem alguma deficiência com outras que não possuem o mesmo tipo de deficiência.

De acordo com Franco (2005, p. 485), "se alguém opta por trabalhar com pesquisa-ação, por certo tem a convicção de que pesquisa e ação podem e devem caminhar juntas quando se pretende a transformação da prática". Quando essa transformação é percebida como necessária a partir dos trabalhos iniciais da pesquisa, em que se valorize a construção cognitiva da experiência sustentada por reflexão crítica coletiva com aqueles a quem a transformação interessa, e que favoreça a emancipação dos sujeitos e das condições consideradas opressivas, essa pesquisa vai assumindo o caráter de criticidade e, então, usa-se comumente nestes casos a conceituação de "pesquisa-ação crítica".

Cabe lembrar aqui a célebre frase de Marx nas teses de Feuerbach: "os filósofos têm apenas interpretado o mundo de maneiras diferentes; a questão, porém, é transformá-lo"<sup>24</sup>. E a transformação, na prática, foi a tônica deste trabalho, buscou-se desde sempre algo que fosse funcional e utilizável, ainda que não finalizado, mas passível de ser utilizado na prática.

O processo de pesquisa-ação envolve uma sequência de procedimentos que evoluem em ciclos que a cada volta ganham maior profundidade e significância, em um movimento que em analogia se assemelha mais com uma forma em espiral, e que segundo Lewin (1997, p. 205), incorrem nos seguintes passos: aclaração e diagnóstico de uma situação problemática na prática; formulação de estratégias de ação para resolver o problema; implantação e avaliação das estratégias de ação; aclaração e diagnósticos posteriores da situação problemática, e assim sucessivamente em uma espiral de reflexão e ação.

O Prof. Vilson mostrou inicialmente o problema da falta de materiais em braille para uso dos cegos em comparação com o que há em tão grande quantidade para uso dos videntes, citou a coleção de *songbooks* da editora Lumiar, de autoria de Almir Chediak, e propôs que inicialmente houvesse ao menos uma maneira de traduzir os diagramas das cifras dos acordes em formato acessível para os músicos cegos. Se as letras e cifras fossem escritas em uma única linha, e as partituras pudessem ser transcritas em tablaturas, isto já seria um avanço significativo. E este foi o ponto de partida do processo descrito no próximo capítulo. As espirais de ação supracitadas propostas por Kurt Lewin iniciaram-se nesta problemática.

A pesquisa qualitativa é caracterizada por suas metas, que se referem a compreender aspectos da vida social e isto comumente gera *palavras* em vez de *números* como dados para análise (BRICKI; GREEN, 2007). Os dados a serem analisados nesta pesquisa foram obtidos principalmente através de um diário de bordo elaborado através das solicitações em atividades de orientações do Prof. Vilson, que ocorreram principalmente no contato semanal no LAB mas também através de outros recursos como e-mails, telefonemas e conversas via internet pelo sistema VOIP<sup>25</sup>. Pelas próprias características da pesquisa-ação crítica, onde para

---

24 No alemão: "Die Philosophen haben die Welt nur verschieden interpretiert; es kömmt drauf an, sie zu verändern" (KARL MARX, 2015), tradução Cecília Penteado.

25 VOIP ou *Voice Over IP* é um sistema de comunicação semelhante à telefonia porém utilizando a internet.



uma situação problema são testadas hipóteses de solução que são imediatamente avaliadas em termos de sucesso (total ou parcial) ou insucesso. Os dados foram quase que simultaneamente obtidos e também analisados a cada ciclo de trabalho, isto é, coleta e análise não se deram em apenas dois momentos distintos mas sim em repetidas fases de ação e reflexão.

A proposta de mediação da interação entre cegos e videntes apoiou-se principalmente no uso de ferramentas computacionais, algumas das quais foram desenvolvidas pelo autor desta pesquisa e outras vieram de *software* livre, mas também utilizou-se de equipamentos físicos (*hardware*) para promover a acessibilidade recíproca. Um ponto que merece destaque é que, uma vez que a interface padrão de entrada de dados no computador é o teclado alfanumérico, o qual possui características de escrita muito diferentes do braille, durante a parte experimental deste mestrado criou-se o dispositivo de hardware anteriormente mencionado, denominado *Braille Handles*, e que foi alvo do requerimento de uma patente de invenção junto ao INPI através da agência de inovação da Unicamp (INOVA), seu uso permite a inserção de células braille diretamente no computador como se fosse um teclado, em substituição a este. O uso deste equipamento também forneceu alguns dos dados desta pesquisa. *Braille Handles* é também uma ferramenta para a acessibilidade recíproca, uma vez que permite além da escrita, também a leitura do código braille, mesmo que de um modo rudimentar.

Outros desenvolvimentos de *hardware* também foram criados e testados durante este estudo, inclusive o uso da bengala utilizada pelos cegos como um dispositivo de entrada de dados para computadores e sua aplicação como um instrumento musical digital ou computacional.

No ponto de vista do sistema computacional de apoio às ideias expostas neste trabalho, seguindo sugestões do Dr. Flávio Schiavoni, que foi membro da banca de qualificação deste trabalho, optou-se pela criação de um metamodelo computacional para a representação da partitura e dos materiais pedagógicos musicais, que pudesse ser alimentado com dados de outros modelos e que permitisse exportar dados para outros modelos e formatos, sendo os dois principais modelos de exportação a musicografia braille e a partitura convencional.

O próximo capítulo apresenta o desenvolvimento desta pesquisa.

### 3. Desenvolvimento

Conforme citado no capítulo anterior, é característica da pesquisa-ação crítica um ciclo em forma de espiral em que se detecta uma (ou às vezes mais de uma) situação problema e algumas ações são tomadas no sentido de solucionar ou minimizar tal problema. Segue-se a isso uma análise das mudanças com a aplicação da solução proposta e um novo ciclo se inicia com a situação inicial modificada e entendida como a nova situação problema.

O ponto de partida desta pesquisa foi uma atividade de orientação com o Prof. Fornari no LAB da qual também participou o coorientador Prof. Vilson. Nesta ocasião foram apresentadas as demandas de um músico cego que poderiam ser beneficiadas com esta pesquisa. O projeto inicialmente se propunha, de maneira mais ampla, a desenvolver um sistema de notação musical textual que favorecesse a taquigrafia ou escrita rápida musical a partir da detecção e uso de padrões musicais, característica esta que era muito abrangente e que ao longo do seu desenvolvimento foi focada apenas na questão da acessibilidade na notação musical para a pessoa com deficiência visual.

Conforme consta no diário de bordo do autor desta pesquisa, o Prof. Vilson Zattera (V.Z.) iniciou dizendo:

Para vocês (videntes) existem muitos materiais disponíveis, este por exemplo" - mostrando um songbook da coleção da editora Lumiar de autoria de Almir Chediak, aquele exemplar em especial era o songbook do Ivan Lins - "você vai à loja e compra, eu também posso comprar, mas para nós (cegos) ele não serve, não existe versão em braille. (V.Z.)

Este material, os *songbooks* do Almir Chediak, representam três grandes fontes de aprendizagem do violão em cada uma das três seções em que cada canção se divide: 1) diagramas dos acordes com a posição dos dedos sobre cada corda e casa; 2) letras cifradas; 3) partituras das melodias, em sua maioria escritas a uma voz apenas.

A literatura acadêmica aponta para a escassez de material em braille, bem como para a necessidade e importância do estudo da musicografia braille. Não se discorda de nenhum destes dois fatos, porém nem sempre um acervo de material em musicografia braille é o suficiente para atender certas necessidades básicas de



muitos alunos que buscam as escolas de música para aprenderem a tocar o violão, principalmente aos que não buscam estudos em música erudita ou em música popular instrumental.

O violão é um instrumento bastante versátil, permite a execução de melodias e de harmonias, ou de ambas simultaneamente. Quando utilizado na música erudita e como instrumento concertista, a partitura/musicografia braille são ferramentas quase que obrigatórias. As gravações de alguns violonistas como Andrés Segovia, Augustin Barrios, Abel Carlevaro, Julian Bream, Ana Vidović, Odair e Sérgio Assad, Henrique Pinto, entre outros, demonstram esta abordagem. Na música popular instrumental, igualmente a partitura/musicografia braille são ferramentas também importantes para o aprendizado, alguns exemplos do estilo podem ser ouvidos na obra de músicos como Django Reinhardt, Raphael Rabello, Rosinha de Valença, Garoto, Baden Powell, Yamandú Costa, Paulo Bellinati, André Geraissati, Ulisses Rocha, Egberto Gismonti, para citar apenas alguns.

Porém o violão também é amplamente utilizado no acompanhamento da música vocal, ou o chamado gênero canção. No Brasil desde remotos tempos existe esta tradição da música ser cantada (com letra) e acompanhada por um instrumento, desde a época das modinhas, passando pelos antigos sambistas como Cartola, Noel Rosa, Néelson Cavaquinho, na música regional, em Dorival Caymmi ou Luiz Gonzaga, na bossa-nova com João Gilberto e o próprio Tom Jobim, na MPB com João Bosco. A tradição do gênero canção também se estende a outros países e outros estilos como o jazz, o blues, o *rock*, e etc. Esta maneira de se tocar apenas os acordes é conhecida pelo nome de acompanhamento ou, no inglês, *comping*. Para esta maneira de executar o violão, a partitura/musicografia braille não são ferramentas imprescindíveis.

Em muitos casos os alunos buscam escolas e professores apenas para o uso do violão nesta modalidade de acompanhamento e o material pedagógico básico para esta abordagem são as letras de músicas com acordes sobre elas, as chamadas "letras cifradas" ou "letras com cifras". Este tipo de material, antes do advento da internet, era escrito a mão por professores de violão nos cadernos pautados dos alunos, ou comercializado através de livros e/ou as famosas "revistinhas de violão" vendidas em bancas de jornais como a *Violão & Guitarra* na

década de 70 (apelidada de *Vigu*) da editora Imprima, e após a internet, através de sites, alguns dos quais foram se especializando neste tipo de produção como: Cifra Club<sup>26</sup>, Cifras<sup>27</sup>, Vagalume<sup>28</sup>, Letras<sup>29</sup>, etc. Estes sites somam milhões de acessos diários, segundo notícia publicada em 18/02/2014 pelo "DCI Diário Comércio Indústria & Serviços"<sup>30</sup> a empresa detentora do site Cifra Club previa faturamento de R\$15 milhões em 2015. O tamanho deste mercado denota o nível de procura por esta maneira de se tocar o violão, através de cifras.

Para este tipo de aprendizagem, a musicografia braille, assim como a partitura, não são sistemas mandatórios, bastam apenas as letras cifradas. No entanto, segundo o Prof. Vilson, se tal material fosse diretamente convertido para o braille apenas como texto, a sua leitura seria difícil e por vezes confusa para uma pessoa cega, dado que o braille possui um sistema de leitura linha após linha, caractere por caractere. Cada célula braille tem o tamanho muito próximo ao da largura do dedo que faz a leitura, o dedo é passado, na linha com as células, da esquerda para a direita como um vidente faria com o movimento de seus olhos. Porém, para o vidente, a leitura de letra e cifra em duas linhas diferentes é bastante natural, o olho segue a letra da canção e por uma visão global detecta o momento em que há uma cifra sobre uma sílaba de uma das palavras e desloca a leitura para a linha superior para interpretar a cifra. Já na leitura do braille, a cifra na linha superior pode passar despercebida. O dedo toca apenas as células da linha corrente e não as da anterior/superior, a linha anterior fica suficientemente afastada da linha que está sendo lida até para que os pontos das células não sejam confundidos. Se a letra cifrada for diretamente impressa em braille sem um tratamento prévio, em geral com auxílio de pessoa vidente, então a posição da cifra sobre a letra sofrerá alteração com relação ao posicionamento original.

A frase "nada por nós sem nós" pôde ser comprovada na prática naquele momento. É difícil para um vidente entender esta dificuldade da leitura de duas linhas simultâneas com o tato dos dedos, por ser tão natural para o vidente o uso de uma visão pontual, mais focada, associada a uma visão periférica, mais global. A

---

26 <http://www.cifraclub.com.br>

27 <http://www.cifras.com.br/>

28 <http://www.vagalume.com.br>

29 <http://www.letras.mus.br>

30 <http://www.dci.com.br>

solicitação também deixou em evidência que muitas soluções de acessibilidade buscam objetivos maiores mas às vezes a necessidade da pessoa com deficiência é mais simples, denota também o nível de exclusão com relação à cultura escrita que atinge a pessoa cega e alerta para a necessidade de soluções inovadoras que minimizem tais problemas.

Em ambiente computacional, a dificuldade da leitura de uma letra cifrada por uma pessoa cega é igualmente grande, pois os *softwares* leitores de tela realizam a leitura como se houvesse na tela um cursor invisível, que vai se deslocando, também da esquerda para a direita, caractere a caractere, linha após linha. Nessas condições, o leitor de tela ao ler uma letra cifrada vai em um primeiro momento transformar em fala todo o texto da cifra e só após isso realizar a leitura da letra, i.e., a sincronia entre o ponto de mudança de acorde com a letra da música seria totalmente perdida. Caso seja utilizada uma linha braille, ainda assim o mesmo problema persiste, pois este dispositivo exibe apenas uma linha por vez e ainda limitada a 40 caracteres na maior parte dos modelos, isto é, às vezes nem uma única linha é exibida integralmente.

Este problema que acomete a leitura, ocorre também na escrita, e o tempo necessário para se colocar e alinhar uma cifra sobre uma letra é quase um impedimento para a escrita em ambiente computacional por uma pessoa cega, e esta é uma atividade corriqueira para um professor de violão. Note-se que o leitor de tela possui duas formas de pronunciar textos: 1) ler palavras, pronunciando os fonemas produzidos pela união das consoantes e vogais ou; 2) ler letra por letra, sem pronunciar o fonema resultante. Quando em um editor de texto o músico cego, através das setas para cima e para baixo, faz o cursor alternar entre as linhas com cifra e com letra, é bastante difícil identificar e controlar a posição exata em que o cursor está nas letras de uma palavra, esteja esta palavra na linha das cifras ou na linha da letra da canção. A ação padrão para o leitor de tela quando o cursor troca de linha é iniciar a leitura do começo da linha, e se configurado para ler exatamente o que está sobre o cursor, o leitor de tela irá pronunciar ou a palavra toda, sem deixar claro em que ponto da palavra o cursor está, ou irá pronunciar uma letra da palavra, o que também não permitirá compreender e determinar com exatidão a sua posição dentro de uma palavra.

De fato, mesmo para um vidente, obter um alinhamento perfeito entre letras e cifras é um processo trabalhoso, em especial quando acordes precisam ser incluídos, excluídos ou modificados. Nestas situações os acordes seguintes perdem o alinhamento com a letra e a operação demanda correções, que ocorrem por inclusão e exclusão de espaços entre os acordes, e às vezes a quantidade de caracteres de duas ou mais cifras é maior do que a quantidade de caracteres da palavra sobre a qual devem ficar, é então comum afastar as sílabas das palavras por pontos ou por um traço de tamanho suficientemente grande para permitir o alinhamento de cifras e letras, conforme demonstrado na Fig. 15. Esta ação, de escrita e alinhamento de cifras e letras, sem o sentido da visão e apenas auxiliada pelo leitor de tela é uma tarefa bastante penosa e quase impossível pelo tempo demandado no processo.

Figura 15 – Cifras com mais caracteres que a letra

C<sub>4</sub> Bb<sub>4</sub> E7(<sup>b9</sup><sub>b13</sub>) A7(b9) Dm7  
Com toda a intensi\_\_\_dade

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os acordes com mais de uma nota de tensão como os três primeiros acordes, que na escrita acima foram alinhadas em uma vertical e inclusive tiveram o tamanho da fonte reduzida, em braille deveriam ser escritos com as tensões lado a lado como "C 7 4", "Bb 7 4" e "E7(b9 b13)", sem redução do tamanho da fonte, que seria o tamanho de uma célula braille. Este tamanho não se pode ampliar e reduzir como fazem os videntes, uma célula braille tem um tamanho fixo e uniforme ao longo do texto. Também não há mudança de tipo ou família da fonte no braille. Pode-se ainda pensar na inclusão de um espaço entre cada elemento e o uso do sinal de número, fazendo com que a necessidade de acréscimos de espaços e traços na letra seja ainda maior. Esta operação é extremamente trabalhosa, em especial em processos de percepção em que o professor está transcrevendo uma canção para o aluno a partir de uma gravação, fato que muitas vezes implica em correções do que já foi escrito e consequente realinhamento entre cifra e letra.

Uma letra cifrada escrita em texto comum, se convertida diretamente para o braille sem nenhum tipo de ajuste faria com que o alinhamento entre cifra e letra ficasse totalmente modificado, pois o número de caracteres no braille não possui correspondência exata com a escrita convencional em alfabeto romano.

Por estas razões, a solicitação inicial do Prof. Vilson, apontada como o primeiro problema para a pesquisa, seria a criação de um sistema em que de alguma forma letra e cifras estivessem em uma única linha.

A segunda solicitação com relação a tornar acessíveis materiais como os *songbooks* supracitados era a criação de um sistema de representação textual dos diagramas de acordes de violão que na obra original se apresentam como imagens.

A terceira solicitação dizia respeito à seção com partituras. Evidentemente a melhor conversão desta seção seria a musicografia braille, porém o Prof. Vilson colocou a seguinte questão:

O ideal seria sim conseguirmos converter todo este material em musicografia braille, mas algumas questões devem ser consideradas. Em primeiro lugar, quem seria o vidente treinado em leitura de partitura, em braille e em musicografia braille para fazer a conversão? Quanto tempo levaria esta conversão? Se houver um processo para acelerar a velocidade dessa conversão, ok, se houver um processo para que uma pessoa com pouco conhecimento de braille e música possa fazer a conversão, ok, mas em geral a prática tem mostrado que isso não acontece (...) talvez em algum momento seja mais importante, mesmo com uma quantidade menor e qualidade inferior de informações musicais, ter a partitura convertida em um tempo mais curto por voluntários ou funcionários do LAB" - e completa - "a musicografia braille traz muitas informações, é um sistema ótimo, mas nem sempre eu preciso de tantas informações, a partitura também às vezes traz informações que em determinado contexto não nos interessa... Por exemplo, às vezes não é necessário saber alguns detalhes como: a digitação da mão direita e/ou esquerda, a corda, hastes duplas, poderíamos até ter um sistema que correspondesse à tablatura em tinta, que representa apenas alturas e não as durações... A leitura do braille é mais lenta que a de um texto através dos olhos, muita informação demanda mais tempo para ler até a gente chegar naquilo que realmente quer e precisa memorizar. (V. Z.)

Para a leitura e o estudo mais correto de uma obra completa, a musicografia braille é essencial ao músico cego, por sua riqueza de detalhes. Mas para que tantos detalhes pudessem ser representados com tão poucos símbolos e que ao mesmo tempo a notação fosse reduzida, ocupando um número mínimo de células, às vezes a característica de uma nota depende do contexto e da(s) nota(s) anterior(es), este fato, por exemplo, ocorre com a marcação de oitava, a altura correta em termos de oitava para uma nota pode depender de todas as notas anteriores até o início da canção, isto é, na musicografia braille, nem sempre é possível ler uma nota isolada que está no meio da música sem ler as notas anteriores a ela.

O Prof. Vilson também disse:

Se no teu software fosse possível aumentar e diminuir o número de informações com um comando de atalho por exemplo, seria bom... se a gente pudesse selecionar apenas os elementos que quer, aumentando ou diminuindo a quantidade de informações, seria bom... Podemos iniciar neste teu mestrado a representação de menos elementos da partitura, podemos começar com a representação de apenas as alturas das notas, por exemplo, uma tablatura, converter estas partituras em dois números corda e casa para uma pessoa cega já poder ter alguma referência da melodia, mesmo sem a duração, de forma que não exija tantos requisitos do vidente que fará a transcrição da partitura impressa ou digital para o teu software. (V. Z.)

Ideal ou não, a tablatura é um sistema que está disponível ao violonista vidente, mas não ao violonista cego, as tablaturas para violão apresentam-se em imagens ou quando em modo texto, apresentam-se em seis linhas diferentes, cada uma referente a uma das cordas do violão, esta leitura de seis linhas simultâneas é inviável para uma pessoa cega conforme já exposto quando tratado sobre questões relativas às letras cifradas, caso em que apenas duas linhas precisavam ser lidas simultaneamente e isso já era um grande problema, com seis linhas a dificuldade aumenta bastante.

O Prof. Vilson sugeriu a criação de um *software* em que a pessoa cega pudesse escolher o tipo de visualização, se uma partitura completa, em musicografia braille ou se apenas alguns elementos, como as alturas em um sistema adaptado de tablaturas.

A partir desta demanda inicial, estipulou-se como objetivo para o *software*, que seria desenvolvido, as três seguintes funcionalidades: 1) letras cifradas contendo letras e cifras em uma única linha; 2) um sistema de transcrição para texto das informações de um diagrama de acorde no braço do violão; 3) representação simplificada de uma partitura, com menos informações, apenas as alturas das notas como em uma tablatura. Estas três demandas serão apresentadas a seguir nas três próximas seções.

### **3.1. Letras cifradas**

O Prof. Vilson já estava utilizando uma solução que ele criou para tentar viabilizar o uso de letras cifradas por pessoas cegas, que consistia em simplesmente tomar as cifras da linha superior e colocá-las diretamente na linha inferior, procedendo de duas maneiras: 1) quando a cifra recaía sobre o espaço entre duas palavras, ele simplesmente colocava a cifra entre elas, com um espaço à esquerda e



outro à direita da cifra; 2) quando a cifra recaía sobre uma sílaba interna de uma palavra, além de acrescentar os espaços separadores, ainda acrescentava um hífen, a função deste hífen era para primeiramente indicar a situação da cifra recaindo no meio da palavra, mas também possuía uma função de evitar ambiguidades em palavras que ao serem divididas pudessem ter outro sentido, como por exemplo “bordado” e “borda do”. A Fig. 16 explica melhor o processo:

Figura 16 – Uso do hífen.

**Original:**

F#		F#7M
A noite tem	bordado	
	B7M/D#	C#7(9)
Nas toalhas	dos bares	

**Transcrita:**

A F#noite tem borda- F#7M do  
 Nas to- B7M/D# alhas dos ba- C#7(9) res

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para um vidente esta solução pode ser visualmente confusa, em especial com relação aos hífens. Outro tipo de ambiguidade que este sistema introduz é quando a cifra se confunde com palavras que já existem, como por exemplo: o acorde de Lá Maior (representado pela letra “A” maiúscula) e o artigo definido feminino “A”, o acorde de Mi Maior (representado pela letra “E”) e a conjunção “E”, o acorde de Mi Menor (representado representado pela letra “E” seguida de um “m”) e a preposição “Em”, a cifra Dó Diminuto (representada por Cº) e o símbolo de graus Celsius, e etc.

Ainda assim, um músico pode com alguma facilidade fazer esta desambiguação pelo contexto da canção. Isso era o que o Prof. Vilson já vinha fazendo e não lhe causava grandes problemas, mas o maior problema da ambiguidade é no momento de se criar um sistema computacional que possa realizar a mesma tarefa. Pinker (2002, p. 252) afirma que "de acordo com a primeira lei da inteligência artificial os problemas difíceis são fáceis e os problemas fáceis são difíceis", discorrendo sobre o uso de um sistema computacional (*parser*) para a análise de um texto em que a dificuldade é a tomada de decisão pelo computador, "basta abrir um dicionário para ver que muitos substantivos têm uma entrada secundária como verbo, e vice-versa" (PINKER, 2002, p. 260). No português, por

exemplo, "trabalho" pode significar um verbo: "eu trabalho", ou um substantivo: "o meu trabalho". O problema não é o número de buscas entre as muitas possibilidades, isto o computador resolveria por contar com muita velocidade e memória, mas "finalmente a maioria das possibilidades de cada ponto a ser decidido acabaria sendo contradita por informações posteriores da frase" (PINKER, 2002, p. 260), o problema é decidir qual dos dois significados deve ser escolhido.

Existe um clássico exemplo deste dilema, resumido em duas frases no inglês *time flies like an arrow; fruit flies like a banana*, apresentadas por Oettinger (1966, p. 168), a primeira frase quando analisada por um computador, devolveu 5 significados diferentes devido às ambiguidades de suas palavras, alguns deles: 1) O mais óbvio, *time* é um substantivo ("o tempo") e *flies* o verbo voar na 3ª pessoa, *like* é uma conjunção ("como" ou "da mesma forma que") e a interpretação seria "o tempo voa como uma flecha"; 2) na segunda interpretação, *time* é um verbo no imperativo "marque/cronometre o tempo", *flies* é o substantivo plural "moscas", e a nova interpretação resulta em "meça a velocidade das moscas como se mede a velocidade de uma flecha"; 3) uma outra interpretação seria usar o conjunto *time flies* como se representasse uma classe imaginária de moscas supostamente chamadas de "moscas-tempo", Oettinger elucida a ideia fazendo uma comparação com a construção *time bomb* (bomba relógio) e *time flies* (moscas-tempo), o termo *like* agora seria interpretado como o verbo "gostar" e a interpretação seria "moscas-tempo gostam de uma flecha". Oettinger afirma que a terceira interpretação fantasiosa poderia ser eliminada com pequenos ajustes na gramática, mas ressalta que a frase, ainda que sem sentido, possui uma estrutura gramatical correta, e que o absurdo apenas existe porque não há espécies de moscas chamadas "moscas-tempo", porém, ao se eliminar esta construção, outras seriam igualmente eliminadas como *fruit flies* (moscas da fruta, as drosófilas) e então a segunda frase, que poderia ser traduzida corretamente por "moscas da fruta gostam de uma banana" poderia ser mal interpretada como "as frutas voam como uma banana", a distinção se faz apenas com o senso comum acerca de que as frutas geralmente não voam, e que ainda que voassem, possivelmente não voariam como bananas. Oettinger conclui que é necessário o uso de semântica para decidir qual das estruturas sintáticas deve



ser aceita, e que nenhuma técnica computacional conhecida pode tratar problemas semânticos deste tipo.

Na música, sem a delimitação precisa das cifras, fatalmente seriam muitos os casos em que letras de canções como “E7 Em cima dos telhados” seriam indecíveis por um software, se no exemplo o "Em" é a preposição na construção "em cima" ou se é um acorde de Mi menor, e o objetivo desta pesquisa era o uso de *softwares* para intermediar o diálogo entre cegos e videntes, i.e., a eliminação deste tipo de ambiguidades através de uma gramática computacional foi imperiosa para permitir a diferenciação exata entre cifras e letras.

Outra questão sobre a delimitação de uma cifra por um computador é que por vezes as cifras podem conter espaços internos, como por exemplo o acorde de Dó com nona adicional (que pode ser representado por “C add 9”) com isso, determinar exatamente o início e o fim de uma cifra através de processamento não seria uma tarefa simples e também poderia gerar ambiguidades, nestas situações seria difícil para um *software* decidir se o acorde é um Dó com nona adicional ou se é um Dó maior ("C") sobre a palavra "add" de uma letra de canção em inglês.

A primeira ideia para solucionar esta delimitação foi “emprestada” do sistema ABC Notation, que utiliza aspas para fazer a delimitação das cifras e assim garantir a sua separação das notas musicas, uma vez que ambas, cifras e notas, naquele sistema utilizam as mesmas letras de “A” até “G”.

O aspecto visual ficou como segue na Fig. 17.

Figura 17 – Acordes demarcados com aspas.

A "F#" noite tem borda- "F#7M" do  
Nas to- "B7M/D#" alhas dos ba- "C#7(9)" res

Fonte: Elaborada pelo autor.

Do ponto de vista computacional a identificação das cifras ficou bem mais simples; com relação à visualização, as aspas deixaram as cifras mais em evidência mas ainda não tinham um destaque suficientemente bom e a execução com leitura à primeira vista dos acordes escritos desta forma não foi tão simples e nem tão natural, por alguma razão as aspas atrapalham um pouco a visão, talvez por serem símbolos que ficam na região superior do texto, mas isto é apenas uma suposição.

Notaram-se porém duas questões, primeiro que algumas letras de canções, mesmo que raramente, possuem aspas em algum verso ou palavra, a

prática não é tão comum, porém as aspas são caracteres textuais usuais e correntes; a outra questão é que as aspas não representam diretamente uma identificação clara de abertura e fechamento, isto é, esta identificação (se abertura ou se fechamento) requer processamento por algoritmo, o que equivale a dizer que é preciso manter no *software* uma contagem das aspas que surgem, um número ímpar indica a abertura e um número par indica o fechamento, com base nesta contagem, e de fato não é direta como se fossem usados pares como parênteses, colchetes, chaves, ou outros.

Buscou-se então entre os pares de caracteres com aparência definida de abertura e fechamento aqueles que fossem mais propícios e optou-se pelo uso dos colchetes por algumas razões: 1) na maioria dos teclados de computadores os colchetes podem ser digitados sem o uso da tecla *shift*, o que não ocorre com as chaves e os parênteses, os parênteses em geral estão sobre os números 9 e 0 nos teclados ABNT 2, mais comuns no Brasil; 2) a identificação dos colchetes através de células braille é bastante simples e possuem uma característica de espelhamento dos pontos da célula, facilitando a ideia de abertura e fechamento também neste sistema, cabe sempre lembrar que o principal objetivo sempre foi chegar a representações que ao máximo possível fossem simples tanto para cegos quanto para videntes e que ao mesmo tempo fossem de fácil processamento por *software*; 3) os parênteses foram descartados porque alguns autores utilizam parênteses para sinalizações na letra, por exemplo em um verso que se repete, como na canção "Agnus Sei" de João Bosco e Aldir Blanc: "(Ê andá pa Catarandá que Deus tudo vê) 2x" ou "(Ê andá pa Catarandá que Deus tudo vê) bis" ou "Ê andá pa Catarandá que Deus tudo vê (bis)", ou ainda para separar a letra de duas vozes em um dueto.

A questão de minimizar o uso da tecla *shift* pode inicialmente parecer pouco importante, porém a criação de um arranjo musical incorre em centenas e muitas vezes em até milhares de toques de teclas, a economia de teclas contribui para a diminuição dos riscos de lesões por esforços repetitivos, e para a pessoa com deficiência visual o acionamento de uma única tecla é mais simples do que combinações de teclas, evitando erros de digitação; existe ainda a questão de facilitar uma prática comum entre professores de violão de empunharem o instrumento ao fazerem a transcrição de partituras e/ou criação de materiais

pedagógicos musicais, desta forma, o acionamento de teclas com o uso de apenas uma mão é bastante favorável por permitir que a outra mão sustente o violão ou ainda que se possam manter notas ou acordes presos com uma das mãos e proceder sua transcrição com a outra, a Fig. 18 demonstra isso.

Figura 18 – Transcrição empunhando o violão.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O primeiro exemplo possui como dados de entrada um texto escrito com cifras e letras em duas linhas separadas como é a forma mais comum de escrita, o botão "converter" apresentará como dados de saída uma única linha com as cifras inseridas no texto da letra da canção e delimitadas por colchetes, como mostra a Fig. 19, este script supõe que as cifras e letras aconteçam sempre de duas em duas linhas, a primeira com as cifras e a segunda com a letra.

Figura 19 – Fusão de letras e cifras em uma única linha

Exemplo #01

Gm	D7	
Quando eu morrer, não quero choro nem vela		
Cm	D7	Gm
Quero uma fita amarela gravada com o nome dela		

Quando eu mor[Gm]rer, não quero [D7]choro nem vela  
 Quero uma [Cm]fita amarela [D7]gravada [Gm]com o nome dela

Fonte: Elaborada pelo autor.

Este primeiro algoritmo é bastante simplificado e ainda assim já exige uma certa dose de operações computacionais, análise de textos não é uma função muito fácil em sistemas computacionais, do ponto de vista técnico utilizou-se aqui

um procedimento que dividiu inicialmente o texto em linhas, a partir disso tomaram-se para a análise as linhas em pares, uma com acordes, outra com a letra da canção, os acordes foram processados contra uma gramática regular bastante simples que aceita sequências de caracteres de apenas duas formas: 1) sequências contendo apenas espaços; 2) sequências que não contém espaços. A expressão regular capaz de determinar tais sequências é descrita por  $\wedge s+|\wedge S+/\wedge$ , o tamanho de tais sequências determina a posição exata de inserção de cada acorde na linha que contém o verso da canção.

Para pessoas videntes, um recurso extra foi testado, usaram-se duas cores diferentes, uma para as letras e outra para as cifras e isto permitiu que a leitura das cifras fundidas em uma única linha com os versos da canção não mais atrapalhasse ou confundisse a visão. Notou-se que esta construção, com um sinal de abertura e outro de fechamento para delimitar o acorde, tornou desnecessários dois espaços adicionais - sendo um antes e outro depois da cifra - diferente do que ocorria na solução original do Prof. Vilson onde estes espaços eram necessários, e com efeito, o uso do hífen ficou dispensável quando o acorde é colocado no meio de uma palavra, não existe mais uma condição de ambiguidade como acontecia em "a noite tem borda F#7M do" e "a noite tem borda- F#7M do", o hífen diferencia entre "bordado" e "borda do", já na construção "a noite tem borda[F#7M]do", o hífen é perfeitamente dispensável.

Esta forma de cifragem oferece o que chamamos neste trabalho de acessibilidade recíproca, tanto videntes quanto cegos podem entender com facilidade a posição dos acordes sobre uma letra cifrada desta maneira, chegou-se aqui a um *denominador comum*, por assim dizer, em que a notação permite a compreensão por ambos (cegos e videntes) sem requerer recursos extras. Para os videntes a identificação dos acordes é direta, para os cegos a identificação ocorre através de leitores de tela em computadores ou impressa em braille. Do ponto de vista do *software*, a diferenciação entre o que é acorde e o que é letra ficou inequívoca dadas as marcas de início e fim.

Neste momento da pesquisa chegou-se final do primeiro dos ciclos característicos da pesquisa-ação crítica, em que a solução é aplicada, testada e avaliada para o próximo passo.

O segundo ciclo ocorreu com nova atividade de orientação na qual estava também presente o orientador Prof. Dr. Fornari, que é um multi-instrumentista, pianista por formação mas também toca violão, entre outros instrumentos. O Prof. Vilson apresentou alguns elementos da musicografia braille, e sugeriu que os acidentes dos acordes pudessem ser pré-fixados em vez de pós-fixados, i.e., sugeriu que um acorde de "F#" fosse escrito como "#F". Para o autor desta pesquisa a visualização disto ficou muito ruim, assim como para uma aluna participante do programa de iniciação científica PIBIC-EM que auxiliou em várias etapas de testes de funcionalidades do *software* desenvolvido; já para o orientador, apesar desta mudança se mostrar como uma novidade, entendeu que para si seria mais fácil esta notação de acidentes pré-fixados, alertando que talvez o fato se devesse a ele ser canhoto, mas isto era apenas uma hipótese informal.

Diante do dilema, percebeu-se que um sistema ideal para atender a cegos e videntes, deveria ter um padrão que fosse o mais próximo possível do que já é a sintaxe corrente - no caso dos acidentes nas fundamentais dos acordes a sintaxe mais comum seria os acidentes pós-fixados - mas que, via *software*, fosse possível oferecer ao usuário uma maneira simples e rápida de realizar configurações personalizadas ou customizadas. A partir daquele momento decidiu-se por cunhar o um novo termo: configurações democráticas, para designar esta facilidade de personalização nos desenvolvimentos criados nesta pesquisa.

Desde então tem-se primado pelo uso de configurações democráticas sempre que possível no máximo das soluções computacionais. Uma das dificuldades da pessoa com deficiência visual que é sempre apontada pelo Prof. Vilson é a grande exigência de memorização, em especial de teclas de atalho para a operação de *softwares*, dado que atalhos são a principal substituição para o uso do *mouse* e, por isso, tanto melhor seria quanto mais os *softwares* permitissem as personalizações. As configurações democráticas passaram a ser uma espécie de requisito básico nos desenvolvimentos que se seguiram.

O Prof. Vilson explicou que como o braille em geral ocupa mais espaço do que um texto escrito com letras, então existe uma preocupação de eliminar tudo o que puder ser subentendido, neste caso, a colocação pré-fixada do acidente no acorde iria eliminar a ambiguidade em notações como "D(b9)" e "Db(9)", que



poderiam ser respectivamente representados com acidentes pré-fixados como "Db9" e "bD9", dispensando inclusive o uso dos parênteses nesta representação. Os parênteses são duas células a menos tanto a serem lidas quanto escritas. Pela norma NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002, p. 26), que determina a largura de uma célula braille em 6.6mm, isto representaria uma economia de mais de 13mm em uma linha no papel, se escritas com uma reglete com 25 caracteres por linha, duas células braille ocupam 8% do espaço de uma linha. Esta marcação com acidentes pré-fixados permite que acordes do tipo "C7(9 b13)" possam ser escritos como "C79b13", economizando três células e sem suscitar ambiguidades.

Esta marcação pré-fixada apresenta um problema para o braille, as dez células que representam as primeiras letras minúsculas do alfabeto são também utilizadas para representar as mesmas letras como maiúsculas e os dez algarismos, no caso das maiúsculas a letra deve ser precedida pela célula formada pelos pontos (46) e para representar os números as letras devem vir precedidas pela célula formada pelos pontos (3456) conforme mostram anteriormente as figuras Fig. 5 e Fig. 4, nestas condições, a título de economia de espaço, seria possível eliminar o sinal de maiúscula, bem como o sinal de número, que poderiam ser subentendidos, mas então o símbolo do bemol grafado como uma letra "b" causaria ambiguidade tanto se aparecesse junto à fundamental do acorde quanto se aparecesse junto a uma nota de tensão.

Para solucionar esta questão, o Prof. Vilson sugeriu o uso do sinal de "menor que" ("<") para representar o bemol, este sinal é utilizado na musicografia braille. Para um vidente a marcação "<D7<9" não é tão intuitiva para representar um "Db7(b9)". Na harmonia funcional, segundo Koellreutter (1980, p. 32), o mesmo símbolo é utilizado para a situação exatamente oposta de alteração cromática ascendente. Considerando ainda que alguns músicos preferem utilizar outros sinais, como por exemplo o sinal de menos ("-") para representar o bemol nas notas de tensão como em "Db7(9-)", voltou-se à proposta de configurações democráticas e a nova sintaxe, agora com possibilidade de personalização, encerrou o segundo ciclo de pesquisa-ação, o exemplo na Fig. 20 demonstra a sua aplicação.

Figura 20 – Configurações democráticas dos acidentes

Exemplo #02

Acidentes pré-fixados

Bemol:

Sustenido:

Eliminar parênteses e espaços

Quando eu mor[Gm6]rer, [Gm6/Bb] não quero [D7/A]choro nem vela [D7/F#]  
 Quero uma [Am7(b5)]fita amarela [D7(b9)]gra[Ab7(#11)]vada [Gm6]com o nome dela

Quando eu mor[Gm6]rer, [Gm6/<B] não quero [D7/A]choro nem vela [D7/#F]  
 Quero uma [Am7<5]fita amarela [D7<9]gra[<A7#11]vada [Gm6]com o nome dela

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em termos de algoritmos, para a execução deste processo, foram utilizadas apenas poucas buscas e substituições (no inglês: *search and replace*) apoiadas pelo uso de expressões regulares, sem a necessidade de analisadores mais específicos.

O terceiro e último ciclo de processamento de letras cifradas concentrou-se na etapa de saída de dados. O leitor de tela é incapaz de detectar sozinho um contexto em que se encontra e determinar se dada sequência de caracteres deverá ser lida como uma palavra qualquer ou como um acorde, além disso, alguns símbolos musicais são lidos pelo leitor de tela com um vocabulário não musical, como por exemplo o sustenido ("#") que é lido como "cardinal", e como é considerado um sinal de pontuação, às vezes nem sequer é lido pelo leitor de tela. Se o leitor de tela for configurado para não ler sinais de pontuação, um acorde do tipo "F#7(b5)" será lido como "efe sete bê cinco", e se configurado para ler os sinais de pontuação o resultado ficaria "efe cardinal sete abre parênteses bê cinco fecha parênteses", e em nenhum dos casos seria capaz de ler como "Fá sustenido maior com sétima e quinta diminuta".

O desafio desta terceira etapa era fornecer mais duas alternativas para a escrita dos acordes, além do texto em si sem alteração, que seriam: 1) uma escrita por extenso dos acordes, em que "C" se convertesse para "Dó maior"; 2) o texto configurado para impressão em braille em papel ou linha braille.

O primeiro obstáculo a ser transposto foi determinar o tipo de entrada que seria capaz de alimentar um metamodelo de cifragem. A pluralidade de sistemas de cifragem e a falta de um padrão normalizador dificultou esta etapa do processo, por exemplo, é comum que em sistemas de cifragem a sétima tenha sua grafia apoiada na sétima da dominante, nota que forma um intervalo de sétima menor (7m) com a fundamental do acorde, e portanto quando a cifra se refere à sétima maior é que alguma notação específica se faz necessária, um acorde de Dó maior com sétima maior (formado pelas notas Dó Mi Sol e Si) pode apresentar diversas notações como: C7M, C7+, Cma7, Cmaj7, C7#, CΔ, C7Δ, etc. Da mesma forma, as alterações de alguma nota do acorde também possuem notações diversas em diferentes sistemas, um caso especial é a quinta aumentada, que em alguns sistemas é escrita apenas com o sinal de adição ("+"), então um acorde escrito como C7+ em um sistema pode significar um Dó maior com sétima maior e em outro sistema um Dó maior com sétima menor e quinta aumentada, que são extremamente diferentes em termos de função harmônica.

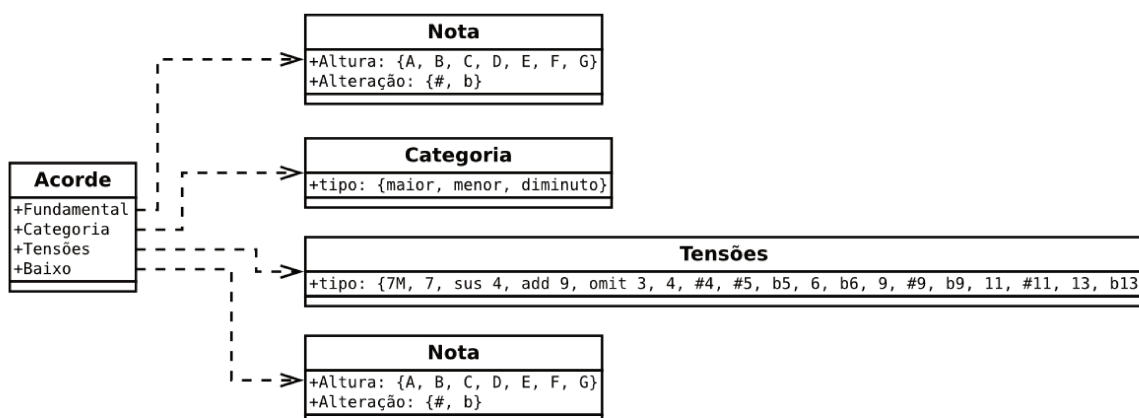
Frente a esta falta de um padrão, optou-se por uma adaptação do sistema de cifragem utilizado na obra de Almir Chediak, usada como referência neste estudo, que pode ser resumida nos seguintes tópicos: 1) a fundamental dos acordes: Lá, Si, Dó, Ré, Mi, Fá e Sol, são representadas pelas letras de "A" até "G", bem como as notas nas inversões de baixo, sendo estas precedidas por uma barra ("/"); 2) os acidentes serão sempre marcados com "#" para o sustenido e um bê minúsculo ("b") para o bemol, quer apareçam junto às notas ou junto às tensões e alterações, e não com sinais matemáticos (de adição e subtração); 3) acordes maiores não possuem marcação específica, os menores são denotados por um eme minúsculo ("m") após a fundamental, os diminutos são marcados com símbolo indicador de ordinal masculino ("º"); 4) o terceiro elemento é a sétima, se menor, apenas o número sete (7), e se maior, o número sete seguido de um eme maiúsculo (7M); 5) as demais notas são marcadas com números e em geral aparecem dentro de parênteses; 6) algumas expressões extras são previstas como "add 9", "sus 4" e "omit 3".

Computacionalmente quatro expressões regulares descrevem a estrutura gramatical da cifragem adotada: a fundamental é descrita por  $/([A-G])([#b]?)/$ , a categoria do acorde por  $/([m]?)$ , as tensões por  $/7M|7|sus\ 4|add\ 9|omit\ 3|4|5|$



b5|6|b6|9|#9|b9|11|#11|13|b13/, e finalmente o baixo é descrito de maneira semelhante à fundamental por  $\backslash([A-G])([\#b]?)$ . Segue abaixo a explicação de cada uma e na Fig. 21 está um diagrama de classes em estrutura UML.

Figura 21 – Diagrama de classe em formato UML



Fonte: Elaborada pelo autor.

$[A-G][\#b]?$  uma letra de "A" até "G", opcionalmente seguida de sustenido ou bemol.

$[m^{\circ}]?$  a fundamental pode ser seguida ou não do símbolo de menor ou do símbolo de diminuto.

$7M|7|sus\ 4|add\ 9|omit\ 3|4|\#4|\#5|b5|6|b6|9|\#9|b9|11|\#11|13|b13$  o terceiro elemento, também opcional, descreve a sétima e todas as tensões e alterações do acorde.

$\backslash([A-G][\#b]?)$  o último elemento, também opcional, refere-se à notação do baixo invertido.

Após a análise realizada pelo software, uma estrutura do metamodelo é criada em memória, e então dados de saída são gerados em substituição a cada elemento de entrada, as notas de "A" a "G" são substituídas pelas notas de Lá até Sol que podem ser seguidas ou não pelas palavras "sustenido", "bemol", caso apresentem acidentes. O mesmo vale para caso de acordes invertidos para designar a nota do baixo. Os símbolos "m" e "°" que opcionalmente podem seguir-se à fundamental do acorde, são respectivamente substituídos por "menor" e "diminuto", e quando não estão presentes, a palavra "maior" é adicionada. Aqui estão alguns exemplos de substituições: Cb substituído por Dó bemol maior, C#m substituído por Dó sustenido menor, C° substituído por Dó diminuto e etc. A Fig. 22 apresenta uma

conversão efetuada no *software*, assim o leitor de tela pode oferecer um retorno auditivo melhor sobre a cifragem em questão.

Figura 22 – Cifra convertida para uma denominação por extenso.

Exemplo #03   
 Acorde:

Por extenso: Lá bemol com sétima maior, nona maior, décima primeira aumentada e baixo em Mi bemol

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com isto o leitor de tela fica apto a ler o acorde baseado em um contexto.

A outra possibilidade de saída tem foco na impressão do braille ou de sua visualização em uma linha braille mostrada na Fig. 23.

Figura 23 – Cifra convertida para a notação em braille.

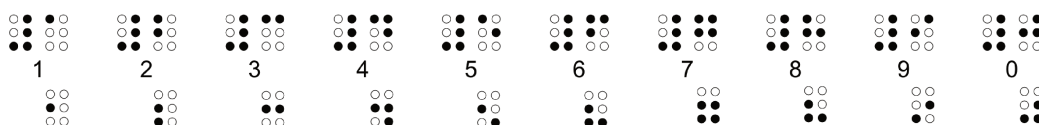
Exemplo #04   
 Acorde:

⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠

Fonte: Elaborada pelo autor.

Esta saída em braille utiliza a recomendação do Prof. Vilson de acidentes pré-fixados, segue a musicografica braille para representar o sustenido com a célula formada pelos pontos (146) e o bemol pelos pontos (126), e embora o braille possua sinais para indicar letra maiúscula e números, o professor solicitou que fossem eliminados para diminuir a quantidade de células braille, porém os números, para que não se confundissem com as letras, foram substituídos pelos seus correspondentes da série 5, chamados de números rebaixados, a mesma representação usada para números ordinais nos pontos (2356) em vez da representação de cardinais nos pontos (1245). A Fig. 24 explica melhor.

Figura 24 – Grafia dos números rebaixados em braille.



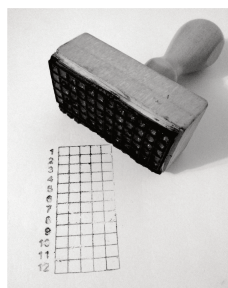
Fonte: Elaborada pelo autor.

Este foi o último ciclo direcionado à questão das letras cifradas. Na próxima seção serão mostrados os ciclos para a criação de um sistema alternativo textual de notação dos diagramas de acordes no braço do violão.

### 3.2. Diagramas de acordes no braço do violão

Antigamente, antes do uso do computador na prática da pedagogia do violão, utilizava-se bastante um carimbo que representava o braço do violão para o registro dos acordes de uma canção conforme mostra a Fig. 25.

Figura 25 – Carimbo de violão.

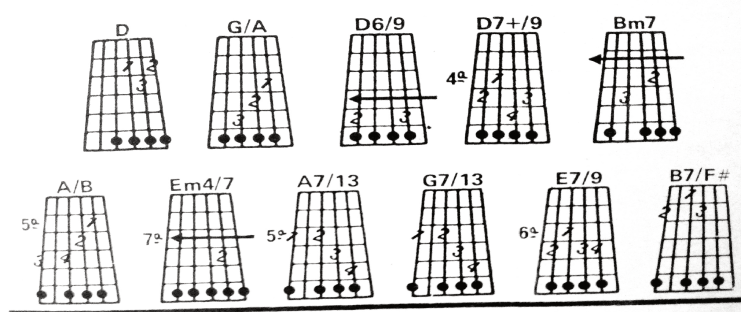


Fonte: Elaborada pelo autor.

As alternativas a este método eram: traçar o diagrama a mão ou ainda utilizar os chamados cadernos de pedagogia do violão, à venda até os dias de hoje, que possuem páginas com diagramas em branco, tendo como principal vantagem a homogeneidade do traçado e como principal desvantagem que não acompanham a mesma folha em que está a letra da canção. Este fato fez do carimbo uma opção mais prática.

As primeiras revistinhas de violão adotaram a ideia de imprimir os diagramas próximos à letra das canções, e para que tais diagramas ocupassem menos espaços, utilizavam em geral diagramas com apenas 6 casas, indicando com um número (escrito com algarismos romanos ou ordinais) uma casa de referência. A Fig. 26 apresenta tais diagramas.

Figura 26 – Diagramas de violão impressos em revistas.



Fonte: Revista João Bosco especial, p.11.

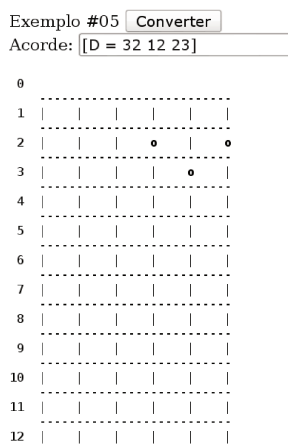
Este modelo perdurou até os dias de hoje, inclusive é comum em *websites* na internet. Sobre cada par corda/casa coloca-se um número representando o dedo que deve segurar cada nota para se formar o acorde. Em alguns diagramas, em vez de número do dedo também se usam círculos, deixando a escolha da digitação a critério do violonista. Cada acorde tem seu nome grafado sobre o diagrama. Há ainda um elemento, denominado pestana, representado por uma seta nos diagramas acima e no violão é executado prendendo-se um grupo de notas que estão em uma mesma casa, porém em cordas diferentes e consecutivas, com um único dedo que em geral é o dedo indicador.

No ciclo inicial de pesquisa-ação nesta questão dos diagramas, decidiu-se pela representação dos acordes isolados do texto com colchetes, exatamente como se fez para a cifragem das letras das canções, porém adotou-se o uso de um sinal de igual ("=") logo após o nome do acorde, para que o software diferenciasse diagramas de cifras, definiu-se então que a representação textual de cada par corda/casa seria feita com dois números, o primeiro indicando o número da corda e outro indicando o número da casa, a exemplo do que já se faz em um sistema denominado tablatura, comum entre os violonistas.

O primeiro acorde da imagem acima, um Ré maior, é representado por três dedos, sendo o dedo de número 1 na corda 3 e na casa 2, o dedo de número 2 fica na corda 1 e na casa 2, finalmente o dedo de número 3 fica na corda 2 e na casa 3, os pares de números corda/casa ficaram: 32, 12 e 23. Neste ciclo utilizou-se um diagrama com 12 casas e dispensou-se a notação do número do dedo, a

representação final do acorde de Ré ficou assim: [D = 32 12 23], e isto está representado na Fig. 27.

Figura 27 – Diagrama de braço de violão para o acorde de Ré maior.



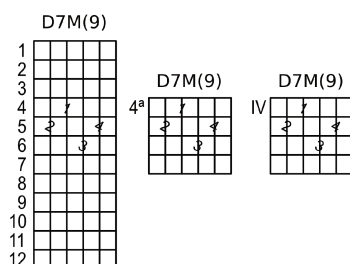
Fonte: Elaborada pelo autor.

No segundo ciclo de pesquisa-ação, trabalhou-se com o uso de um diagrama de apenas 4 casas que é utilizado nos *songbooks* do Almir Chediak, muito embora o tamanho em si do diagrama não influenciaria na notação anteriormente proposta, dado que um grupo de pares de números corda/casa não precisa determinar a quantidade de casas do diagrama, esta determinação seria apenas necessária para converter a notação textual em uma imagem.

Ocorre que em situações em que um vidente vai transcrever uma imagem de um livro para este sistema textual, caso o diagrama impresso não seja de 12 casas, o vidente deverá fazer mentalmente os ajustes das casas, somando a cada casa do par corda/casa a um valor correspondente ao da casa inicial. Se o vidente não entender suficientemente de violão, poderá cometer um erro, se o vidente entender de violão, minimamente terá que ir fazendo cálculos mentais, e ambas as situações seriam fonte de possíveis erros e/ou tomariam mais tempo para se executar a mesma tarefa, além de exigir mais treinamento da pessoa que faria a transcrição.

A Fig. 28 representa o quarto acorde da Fig. 26 em três situações, a primeira em um diagrama de doze casas, a segunda em um diagrama de quatro casas com a primeira casa marcada com um número ordinal e o terceiro diagrama difere do segundo apenas pelo formato da marcação da primeira casa pela utilização de números romanos.

Figura 28 – Diagramas de violão com 12 e 4 casas.

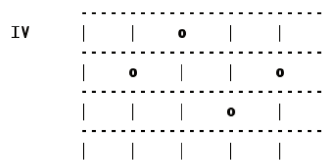


Fonte: Elaborada pelo autor.

Após alguns testes, chegou-se à conclusão de que a ideia mais simples seria acrescentar o número romano aos pares corda/casa e fazer a transcrição levando em conta o número da casa que está visível e não o número real após o ajuste levando em conta a casa inicial. Assim, a representação do terceiro diagrama ficaria como [D7M(9) = IV 52 41 33 22]. O resultado pode ser observado na Fig. 29.

Figura 29 – Diagrama de violão com 4 casas

Exemplo #06   
 Acorde: [D7M(9) = IV 52 41 33 22]



Fonte: Elaborada pelo autor.

O uso de algarismos romanos já é uma prática comum em muitos sistemas de notação e do ponto de vista do processamento por software, as letras I, V e X utilizadas para a representação de algarismos romanos não se confundem com os algarismos hindu-arábicos que marcam cordas e casas.

No quarto ciclo objetivou-se uma solução para determinar a digitação, ou seja, o número do dedo que deve tocar um determinado par corda/casa. Uma vez resolvido isso, é também possível fazer a indicação alternativa de uma pestana ao repetir o mesmo número de dedo em diferentes cordas.

Aventaram-se algumas possibilidades para esta notação mas decidiu-se por indicar um número de dedo associado a um par corda-casa, unindo os numerais com um hífen. Então o terceiro acorde da Fig. 26 seria representado da seguinte forma: [D6(9) = 54-1 44-1 34-1 24-1 14-1 55-2 25-3], como demonstra a Fig. 30.

Figura 30 – Notação da digitação nos diagramas de violão.

Exemplo #07

Acorde: [D6(9) = 54-1 44-1 34-1 24-1 14-1 55-2 25-3]

0					
1					
2					
3					
4		1	1	1	1
5		2		3	
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

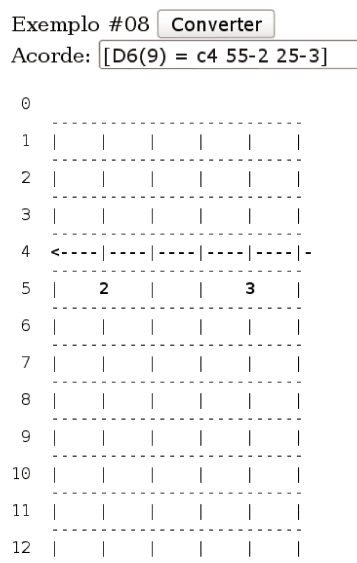
Fonte: Elaborada pelo autor.

No quinto e último ciclo desta etapa de notação de diagramas de violão, buscou-se um sistema também textual para representar a pestana de maneira mais direta, e inclusive mais curta, lembrando-se sempre de que no braille, quanto menos informações, melhor. Em partituras convencionais para violão, o símbolo para a pestana é a letra "C", seguida do número em que a pestana deve ser feita, por vezes a pestana não abarca as seis cordas e é então utilizado o símbolo "ç", um "C" cortado ao meio para indicar a meia-pestana. Porém a corda final da meia pestana não é determinada, sabe-se apenas que o dedo não deverá pressionar as seis cordas, e há casos ainda em que a meia pestana também não inicia na primeira corda.

O Prof. Vilson solicitou que apenas a pestana inteira fosse representada, utilizou-se para isso a letra "C" seguida de um número, que pode ser visto na Fig. 31.



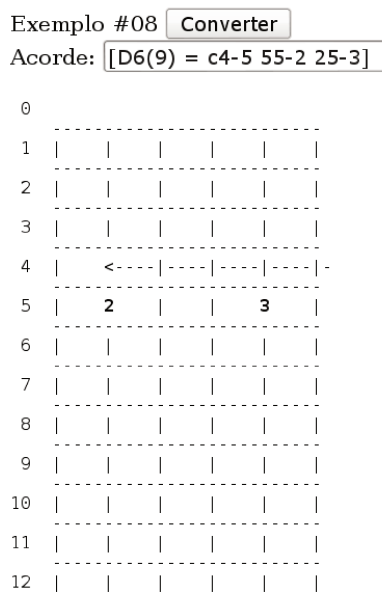
Figura 31 – Representação textual de uma pestana.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Embora não solicitada, a implementação da meia pestana foi implementada, basta acrescentar um hífen ao final da marcação da pestana e o número da corda a partir da qual a pestana deve ser feita, a Fig. 32 apresenta a solução para entrada de dados igual a  $[D6(9) = c4-5 55-2 25-3]$ , uma pestana na casa 4 (c4) a partir da corda 5.

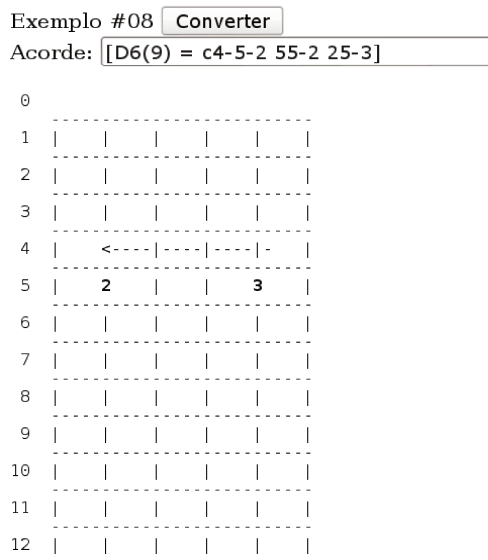
Figura 32 – Meia pestana.



Fonte: Elaborada pelo autor.

É ainda possível acrescentar um novo hífen e um novo número de corda para indicar até qual corda a pestana deverá se estender, caso não se estenda até a primeira corda. A representação textual [D6(9) = c4-5-2 55-2 25-3] irá gerar a Fig. 33.

Figura 33 – Meia pestana com corda inicial e final.



Fonte: Elaborada pelo autor.

E assim finalizou-se a etapa de notação textual de diagramas de violão. Do ponto de vista do processamento computacional, utilizou-se uma gramática regular, e com o auxílio de apenas algumas expressões regulares aliadas a alguns algoritmos *ad hoc* os diagramas acima puderam ser gerados, sem o uso de outras

ferramentas mais sofisticadas de análise. As representações em forma de imagens dos diagramas foi feita apenas com caracteres de texto e não são propriamente imagens, embora aparentem ser, são formadas apenas por letras, algarismos e sinais de pontuação, permitindo a sua compreensão também por uma pessoa cega, mas merece destaque que embora tenha sido simples a geração de tais imagens a partir da representação textual dos diagramas, o foco principal desta pesquisa foi a criação da representação textual em si mesma, não tanto sua conversão posterior para imagem, que aliás poderia ter se dado de maneira diferente e para outros formatos como PDF, JPEG, GIF, etc, o objetivo foi oferecer as bases para a construção de um metamodelo de representação dos diagrama que pudesse ser expresso de maneira textual.

A próxima seção irá mostrar a proposta de notação textual das alturas das notas de uma melodia.

### **3.3. Notação de alturas das notas de uma melodia**

A solicitação inicial do Prof. Vilson era a elaboração de um sistema que pudesse registrar as alturas de uma melodia de maneira simples, sem qualquer riqueza de detalhes, apenas as alturas, o que em música popular teria duas principais funções que são: 1) auxiliar a afinação da voz em canções; 2) facilitar para um violonista a elaboração de um arranjo em que possa tocar de maneira instrumental, fundindo acordes e melodias, um procedimento conhecido pelo termo em inglês *chord-melody*. No *chord-melody* os violonistas se valem muito de sua percepção para executar a melodia da música, e o simples conhecimento das alturas das notas já facilita e agiliza muito a confecção destes arranjos.

O sistema mais popularmente utilizado para tal registro de alturas somente sem as durações das notas é chamado de tablatura. A tablatura é representada com seis linhas que de certa forma até lembram uma pauta musical, porém na realidade cada linha se refere a uma das cordas do violão. Às vezes a tablatura é formada por uma imagem, o que seria inviável para uma pessoa cega, às vezes a tablatura é representada com caracteres textuais, mas mesmo sendo um texto, a leitura pelo braille não é muito prática, em primeiro lugar porque o braille é lido linha após linha e a tablatura exige uma leitura em duas dimensões como a

partitura, em segundo lugar porque o espaço que uma tablatura ocuparia seria muito grande se a tablatura fosse diretamente convertida para o braille. A Fig. 34 apresenta uma tablatura associada a uma partitura, a título de esclarecimento do sistema.

Figura 34 – Partitura acima, tablatura abaixo.

Fonte: Elaborada pelo autor.

As linhas superiores indicam as cordas mais agudas e as inferiores as mais graves, os números representam o número da casa que se deve tocar, por esta razão, não há qualquer distinção entre enarmônicos, não há o conceito de acidentes (sustenido, bemóis ou bequados) na tablatura. O número zero representa a corda solta.

Uma adequação direta ao que já se tinha trabalhado na representação de diagramas de violão para a representação da tablatura foi a utilização de pares de números corda/casa para representar cada nota da melodia, e isto teria sido o suficiente se não fosse por dois fatores, o primeiro que a transcrição de uma partitura impressa para a tablatura iria exigir uma pessoa vidente bastante qualificada tanto na leitura de partitura quanto no conhecimento de sua aplicação à estrutura do violão, em outras palavras, exigiria treinamento específico desta pessoa. O segundo fator era a escalabilidade do sistema, muito embora naquele momento o interesse era de representar textualmente apenas as alturas das notas, seria importante que em desenvolvimentos futuros a implementação de novas funcionalidades não fosse prejudicada, pensou-se em um sistema que pudesse crescer modificando minimamente a sintaxe dos sistemas anteriores, i.e, acrescentar alguma nova sintaxe aos sistemas menos abrangentes para que passassem a permitir o registro de novos elementos, sem precisar modificá-los totalmente, apenas fazendo-lhes pequenos acréscimos.

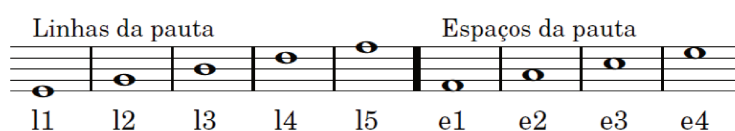
A questão dos sons enarmônicos era bastante limitante para o caminho de volta da tablatura para a partitura, apesar de sonoramente a melodia se manter a

mesma, do ponto de vista dos conceitos da harmonia alguns problemas seriam decorrentes disto, diferenciar notas como um Dó# de um Réb pode ser significativo em construções de escalas e acordes.

O laboratório de acessibilidade é um local em que muitas vezes surgem voluntários, além dos funcionários e bolsistas, para auxiliar nos trabalhos de confecção de materiais acessíveis, mas nem todos os estes possuem formação musical, então seria bem vinda a criação de uma forma que permitisse treinar rapidamente uma pessoa leiga sobre leitura de partitura e assim poder utilizar de sua colaboração.

Observando-se uma partitura musical, nota-se que a altura esta primeiramente relacionada à posição da cabeça das notas ou figuras, estando estas sobre linha ou espaços. A identificação deste posicionamento não é algo difícil mesmo para pessoas sem contato prévio com notação musical e portanto a primeira ideia de notação textual referiu-se a este posicionamento das figuras, adotando-se a letra "L" para indicar notas sobre as linhas e a letra "E" para indicar notas sobre os espaços, sendo estes contados de baixo para cima como se convencionna na teoria elementar da música, então às letras "L" e "E" acrescentou-se um número correspondente a esta contagem, segundo demonstra a Fig. 35.

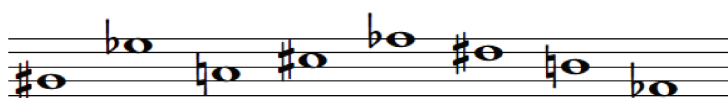
Figura 35 – Notação alternativa para figuras nas linhas e espaços.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Estas notas, quando precedidas por acidentes, tem sua altura modificada, e como os acidentes em uma pauta precedem as notas, definiu-se que a sintaxe textual dos mesmos também antecederia a marcação de linhas e espaços, conforme a Fig. 36. A representação textual de tais acidentes ficou assim: o sustenido é representado pelo símbolo "#", o bemol pela letra "B" e o bequadro pela letra "N" (de natural).

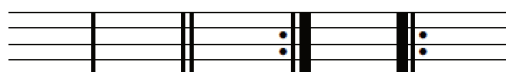
Figura 36 – Representação textual de alturas com acidentes.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Como os acidentes ocorrentes valem por um compasso, perdendo sua ação após o seu final, é importante que se registrem as barras de compasso, e muito embora neste momento da pesquisa as durações não tenham sido levadas em consideração, pela facilidade da representação textual de diferentes tipos de barras de compasso, optou-se por uma representação diferenciada de cada tipo de barra, embora isso não fosse necessário para determinar a altura das notas, apenas uma indicação de divisão de compasso já teria sido suficiente. Mas com vistas na escalabilidade deste sistema textual de notação musical, e pela facilidade da identificação de diferentes tipos de barras de compasso, antecipou-se desde já o que virá a ser em um futuro próximo o desenvolvimento deste sistema de notação. A Fig. 37 apresenta a notação das barras de compasso usando o caractere "|", uma barra vertical que geralmente fica sobre a tecla de barra invertida e próxima à letra "Z" nos teclados do padrão ABNT2, a representação das barras abaixo é feita a partir do texto "| || :|| ||:".

Figura 37 – Tipos de barras de compasso.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Por vezes os acidentes não aparecem junto às notas e sim junto à clave, são os acidentes fixos, que também interferem na altura das notas e precisam ser registrados. Em situações mais corriqueiras os acidentes fixos seguem uma ordem determinada pelo ciclo das quintas, e o conhecimento da sua quantidade e do seu tipo já são o suficiente para se determinar o tipo de armadura de clave do trecho musical.

A notação de um tipo de acidente ("#", "B" ou "N") precedida de um número que indicasse a quantidade de acidentes da clave foi a maneira adotada para a representação das armaduras de clave. A Fig. 38 explica melhor, as notas desta figura são textualmente representadas por: "2# 3# 3n 1b 4b".

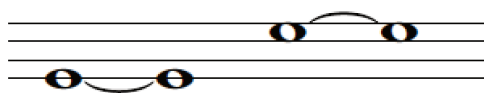
Figura 38 – Acidentes fixos, armaduras de clave.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Quando duas notas de igual altura estão ligadas, o acidente da primeira altera a segunda nota ainda que a ligadura atravesse uma barra de compasso, portanto este elemento musical (a ligadura) também precisa ser anotado para uma perfeita transcrição das alturas. Como a ligadura representa a soma dos tempos das figuras, optou-se pelo uso do sinal de adição ("+") para representá-la, conforme a Fig. 39 representada textualmente por: "l2 + l2 e4 + e4".

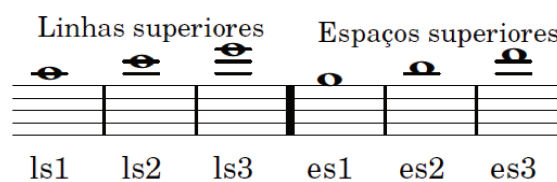
Figura 39 – Ligaduras.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Finalmente, às vezes as cinco linhas do pentagrama são insuficientes para representar algumas notas mais graves ou mais agudas, obrigando o uso de linhas adicionais ou suplementares. Quando tais linhas ocorrem na parte superior da partitura, acrescenta-se a letra "S" (de superiores) à notação anteriormente proposta, segundo se vê na Fig. 40.

Figura 40 – Linhas e espaços suplementares superiores.

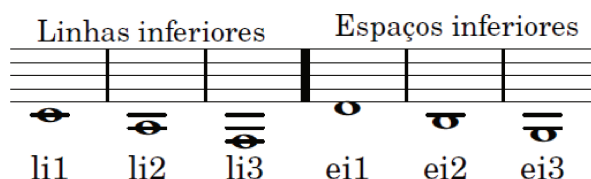


Fonte: Elaborada pelo autor.

Quando há a necessidade de linhas suplementares abaixo do pentagrama, acrescenta-se a letra "I" (de inferiores), como na Fig. 41.



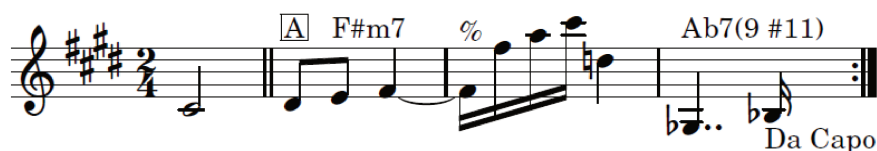
Figura 41 – Linhas e espaços suplementares inferiores.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Resumindo tudo com um exemplo mais abrangente, as alturas das notas do trecho musical da Fig. 42 são representadas textualmente por: "4# li1 || ei1 l1 e1 + | e1 l5 ls1 ls2 nl4 | bei3 bei2 :||".

Figura 42 – Trecho musical aleatório.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Com a representação destes cinco elementos: linhas e espaços, acidentes das notas, acidentes fixos, ligaduras e barras de compasso, foi possível determinar com exatidão a altura das notas de uma partitura impressa, demandando pouco conhecimento musical para treinar um vidente para executar esta tarefa. Não foi o objetivo desta pesquisa produzir dados quantitativos acerca da eficiência desta proposta, mas cabe registrar que funcionários e bolsistas do LAB, bem como alguns voluntários para auxiliar na produção de partituras acessíveis, com menos de 20 minutos de treinamento já conseguiam fazer transcrições das alturas de uma melodia usando este sistema, mesmo sem terem conhecimento prévio de leitura de partituras.

A partir da representação textual destes elementos, é possível, por meio de *softwares*, transformar este texto em outros formatos musicais de sons e imagens.

Será utilizada a abreviação LE (linhas e espaços) ao longo deste trabalho para fazer referência a todo este sistema textual de notação musical, o qual abrange a notação das cifras, dos diagramas dos acordes e a notação de alturas.

No próximo capítulo serão discutidos os resultados obtidos e as futuras implementações.

## 4. Discussão

Os dados desta pesquisa permitiram a análise da funcionalidade da proposta de um sistema intermediário de representação de partituras e materiais pedagógicos musicais, permitiram também uma análise sobre a forma com a qual a acessibilidade é comumente entendida e praticada. Ambas as análises serão feitas neste capítulo.

Um sistema computacional completo que permitisse o registro de todos os detalhes de uma partitura e outros materiais pedagógicos para o ensino musical estaria muito além do escopo de uma pesquisa de mestrado. Optou-se por um enquadramento bastante restritivo em que as tais representações se limitariam aos elementos mais básicos da constituição mais comum de materiais pedagógicos para o ensino do violão, que são: 1) as letras cifradas; 2) os diagramas dos acordes no braço do violão e; 3) a partitura. E entre os diversos elementos que formam uma partitura completa, neste trabalho optou-se por representar apenas as alturas das notas, o que não é o ideal mas já permite a criação de uma das formas de notação bastante usada para o registro de melodias do violão: a tablatura. O sistema assim criado permitiu uma "prova de conceito" para a viabilidade das hipóteses da criação de um sistema intermediário entre o braille e o texto convencional, e intermediário entre a musicografia braille e a notação musical convencional, porém faz parte dos desdobramentos deste estudo que os demais elementos musicais também venham a ser representados futuramente.

Sobre a acessibilidade, percebeu-se rapidamente que para atingir a finalidade proposta seria necessário ter um sistema capaz de propiciar não apenas a conversão da notação musical convencional para o braille mas também do braille para a notação convencional. A acessibilidade à informação, para uma pessoa cega, costuma se restringir a apenas permitir que esta pessoa possa ter acesso ao conteúdo registrado, convertendo-o a um formato acessível para ela. Por exemplo transformando um texto escrito com o alfabeto romano para o braille ou para áudio, ou convertendo a partitura convencional para a musicografia braille. Porém, tanto o fluxo de ida quanto o de volta da informação são igualmente importantes para o estabelecimento de uma comunicação que pretende ser um diálogo. A comunicação

em tempo real também necessita que o processo de conversão seja o mais rápido possível, e que preferencialmente não exija tanto conhecimento de musicografia braille pela pessoa vidente e nem tanto conhecimento da notação convencional pela pessoa cega. Por isso foram utilizadas soluções computacionais para auxiliarem e agilizarem este processo de conversões.

Apesar de compreendida a necessidade de uma reversão da acessibilidade para se efetivar o canal de comunicação, evidenciou-se uma questão filosófica acerca da acessibilidade. Se o braille já é acessível a uma pessoa cega, porque esta necessitaria de acessibilidade para a conversão do braille para texto ou notação musical? Na realidade quem neste caso teria a necessidade de acessibilidade seria o vidente e não o cego.

Durante este estudo passou-se a utilizar o termo "acessibilidade recíproca" para definir estas situações e processos em que um mesmo canal de acessibilidade, utilizado por uma pessoa que possua certa deficiência, possa ser utilizado para a comunicação com outras pessoas que não apresentem a mesma deficiência, mas que igualmente irão se beneficiar com seu uso.

Cláudia Werneck em ESCOLA DA GENTE (2002, p. 16) apresenta algumas diferenças entre o que considera *inclusão* e o que considera *integração* da pessoa com deficiência, afirmando que na inclusão as mudanças beneficiam a todas as pessoas e que não se sabe quem "ganha" mais. Já na integração as mudanças visam prioritariamente à pessoa com deficiência, consolidando a ideia de que estas são as mais beneficiadas.

É comum considerar acessibilidade como sendo direcionada exclusivamente à pessoa com alguma deficiência, que no caso desta pesquisa foi a deficiência visual ou ainda mais especificamente a cegueira. O dispositivo para a escrita do braille (*Braille Handles*) desenvolvido nesta pesquisa é um exemplo de equipamento com acessibilidade recíproca. Tal equipamento foi criado originalmente com a função de permitir que uma pessoa cega possa escrever em braille no computador mas também permite que pessoas videntes possam aprender o braille de maneira prática e lúdica, como será apresentado mais adiante neste capítulo.

A própria legislação brasileira, Lei nº 13.146/2015, define barreiras nas comunicações e na informação como "qualquer entrave, obstáculo, atitude ou

comportamento que dificulte ou impossibilite a expressão ou o recebimento de mensagens e de informações por intermédio de sistemas de comunicação e de tecnologia da informação" e considera pessoa com deficiência aquela que tem "impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas", reforçando a ideia de que o benefício da acessibilidade está quase que exclusivamente voltado e apenas limitado à pessoa com a deficiência.

Cláudia Werneck ainda complementa em seu texto que "o adjetivo integrador é usado quando se busca qualidade nas estruturas que atendem apenas as pessoas com deficiência" e que "o adjetivo inclusivo é usado quando se busca qualidade para TODAS as pessoas com e sem deficiência", de tal sorte que a inclusão "traz para dentro dos sistemas os grupos de 'excluídos' e, paralelamente, transforma esses sistemas para que se tornem de qualidade para TODOS".

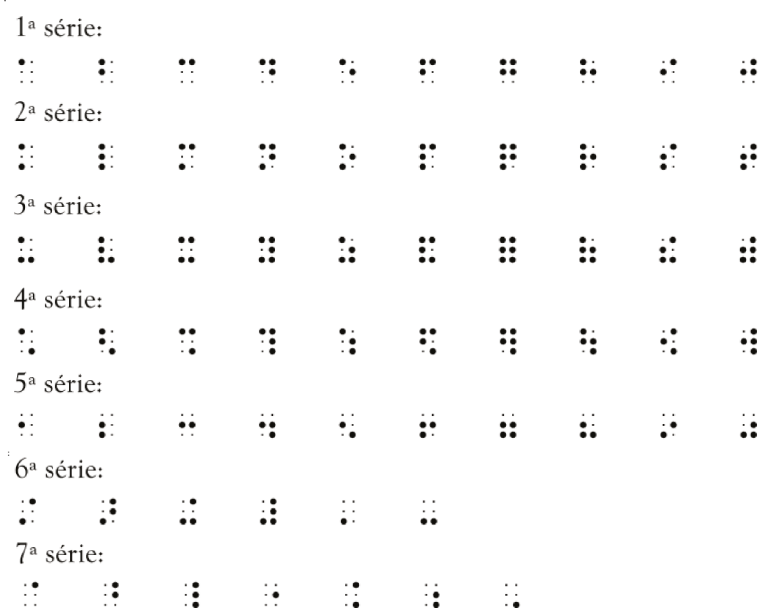
A acessibilidade recíproca potencializa o papel e a importância da acessibilidade, favorecendo a inclusão da pessoa com deficiência de maneira mais acolhedora, indo além de apenas promover sua integração, dado que o benefício desta acessibilidade se estende às demais pessoas. Com a acessibilidade recíproca a acessibilidade deixa de ter um caráter de ser apenas um favor para a pessoa que tem alguma deficiência e adquire uma característica de ferramenta para melhoria da qualidade de vida e a interação entre as pessoas como um todo, beneficiando mesmo aqueles que não possuem uma deficiência com dependência direta daquele tipo específico de acessibilidade.

A partir desta concepção, iniciou-se uma busca de evidências da existência de acessibilidade recíproca nas soluções de acessibilidade já existentes, bem como uma preocupação em promover a acessibilidade recíproca nas soluções que seriam criadas durante esta pesquisa. Um bom exemplo disso é o sistema braille, que foi desenvolvido e é atualmente empregado para pessoas cegas, mas seu uso pode ser estendido a pessoas videntes. De fato, segundo afirma Leite (2007, p. 126), o sistema de Charles Barbier, no qual Louis Braille se inspirou para o criar o seu, não foi inicialmente pensado para cegos e sim em proporcionar um sistema de

comunicação em que a leitura fosse possível mesmo em ambientes sem iluminação, uma "escrita noturna", como ele chamava.

Desta forma, com a ideia de reaproveitar o canal de acessibilidade com pessoas que não possuem deficiência visual, foram imaginados diversos usos do braille para videntes. Como um primeiro exemplo, um estudo do braille em uma aula de matemática poderia favorecer: o entendimento de conteúdos como a análise combinatória; a teoria dos conjuntos; a mudança de base; a base binária, pensando em cada ponto da célula como um dígito; a base octal, pensando os pontos de apenas uma das colunas da célula braille; a base 64, pensando na combinação de toda a célula. Existe ainda uma correlação do braille com o princípio fundamental da contagem cuja explicação é simplificada observando-se a Fig. 43.

Figura 43 – Ordem Braille



Fonte: Brasil (2006, p. 20)

As séries, como mostradas na figura, são dispostas numa sequência denominada ordem braille. A 1ª série está disposta em uma sequência lógica e crescente e é utilizada para representar as letras de "a" até "j". As letras seguintes de "k" até "t" obedecem à ordem da 2ª série, a qual repete a mesma sequência da 1ª série apenas acrescentando-se o ponto 3 da célula braille, equivalente à adição com reserva ou transporte da matemática popularmente conhecido como "vai um", ou *carry* no jargão da computação. A 3ª série repete a mesma sequência da 2ª série, porém acrescentando-se o ponto 6 da célula braille, equivalente a um novo "vai um", representando assim uma contagem de 1 a 30 que guarda alguma semelhança com outros sistemas utilizados em contagem, como o ábaco. A 7ª série é usada na musicografia braille para a numeração de oitavas de 1 a 7. A 5ª série é usada para representar os números ordinais, e usa a mesma sequência de pontos da 1ª série porém rebaixados dos pontos 1, 2, 3 e 4 para os pontos 2, 3, 5 e 6.

Explorar esta relação em uma aula de matemática pode propiciar uma desmistificação da codificação do braille para os alunos. Pode despertar o interesse para a importância e necessidade da acessibilidade, facilitando os processos de inclusão de pessoas com deficiência visual e pode, em um futuro, trazer algum benefício ou melhoria para o próprio sistema braille, formando um ciclo interessante de interação e interdisciplinaridade.



O uso do braille por pessoas videntes poderia favorecer um aumento da percepção tátil dos videntes, estimulando através da neuroplasticidade do cérebro o desenvolvimento de novas habilidades e acuidades. De acordo com Angier (2008), o tato da ponta de um dedo é capaz de detectar uma saliência do tamanho de uma célula bacteriana. O braille também poderia ser utilizado para o acionamento e controle de dispositivos no escuro ou em situações em que não seja possível utilizar a luz, como por exemplo na falta de energia elétrica para o acionamento de luzes de emergência, em salas escuras para a revelação e ampliação de filmes fotográficos, em um relógio de cabeceira para se saber a hora no escuro, um termômetro para tomar a temperatura no escuro, etc.

Uma outra aplicação da acessibilidade recíproca é o uso de um leitor de tela e sintetizador de voz em um dispositivo móvel por um vidente para fazer alguma operação no aparelho sem o uso da tela, seja em local onde a claridade da tela possa atrapalhar o ambiente ou, na situação inversa, em um local em que a luz intensa do ambiente deixa a tela pouco visível. Também há um uso prático deste recurso para utilização do celular em caso da tela estar danificada ou apenas para economizar a bateria, dado que o som em geral utiliza menos energia/carga do que a iluminação de fundo da tela. O sintetizador de voz também pode ser usado por uma pessoa que necessite de óculos mas que não esteja com eles no momento.

Atualmente já é comum que em aplicativos de celular voltados à comunicação por mensagens que as pessoas se utilizem do gravador de áudio para o envio de mensagens da própria voz gravada, ou ainda o uso de sistemas que transformam a voz em texto para a escrita de mensagens sem as mãos, mas não é tão comum entre os videntes o uso da operação inversa em que um texto recebido é convertido para fala para ser ouvido em vez de ser lido com os olhos. A conversão de texto em voz pode ser útil principalmente para melhorar a acurácia da leitura de conteúdos em que os detalhes fossem mais determinantes e não permitissem erros, como números de telefones, códigos de barra para efetuar um pagamento e etc. Em certos conteúdos onde o magnificação não é possível, a conversão de texto em fala também pode ser de grande auxílio para os videntes, em especial se apresentarem um quadro de presbiopia, que quase sempre surge com a idade.

Diversas são as situações em que um recurso de acessibilidade projetado para ser utilizado por uma pessoa com deficiência visual pode ser também útil para um vidente, e se um número maior de pessoas utilizasse com mais frequência tais recursos, provavelmente isto contribuiria para melhorias e aprimoramentos dos mesmos, e propiciaria melhor a interação entre cegos e videntes.

Durante o processo desta busca e criação de soluções com acessibilidade recíproca para a notação musical, para o registro de ideias musicais e para a confecção de materiais pedagógicos musicais percebeu-se que o computador, que foi a ferramenta mediadora da proposta de um diálogo musical entre cegos e videntes, possui pouca acessibilidade para pessoas cegas em seus principais dispositivos de entrada que são o teclado e o *mouse*. O *mouse* é um periférico altamente baseado no controle visual de um ponteiro sobre uma tela gráfica, por esta razão quase não é utilizado por pessoas cegas. Seu uso é impeditivo para ações comuns de clicar, clicar-arrastar-e-soltar, clique duplo e etc, situações que exigem precisão da posição do ponteiro em algum ponto muito específico da tela. O teclado é mais adaptável às necessidades do usuário cego, porém ainda assim observaram-se algumas dificuldades para a sua utilização sem o uso da visão. Desta forma esta pesquisa estendeu suas perspectivas de soluções por *software* para também a implementação de soluções de *hardware*, ou seja, dispositivos físicos com potencial para serem utilizados como periféricos de entrada de dados.

Uma situação que evidenciou este fato foi durante o projeto "ferramentas de software e hardware para a acessibilidade musical do deficiente visual", um projeto de iniciação científica para alunos do ensino médio (PIBIC-EM) coordenado pelo orientador desta pesquisa. Neste projeto uma das atividades foi a busca de soluções de acessibilidade para o *software* Pure Data ou Pd. O Pd é uma importante ferramenta de *software* utilizada para a síntese e processamento de áudio em tempo real. O Pd é muito utilizado, mas somente por músicos videntes, porque se baseia em uma *interface* gráfica. Este *software* foi originalmente desenvolvido por Miller Puckette e é especializado para *performances* de computação musical e instalações multimodais. No entanto, seu uso por pessoas cegas é quase impossível porque o Pd se constitui de uma linguagem de programação visual em que blocos

retangulares são dispostos sobre uma tela na qual podem ser movidos e/ou interconectados por segmentos de reta, e tudo ocorre através de ações do *mouse* de clicar-arrastar-e-soltar que são impeditivas sem o uso da visão.

Devido à importância do uso deste *software* no cenário musical, durante esta pesquisa buscaram-se alternativas para sua utilização por pessoas cegas, as quais estão descritas com detalhes no artigo "Programação textual em linguagem visual para computação musical" (DA SILVA et al., 2016), apresentado no XXVI congresso da ANPPOM. Segundo este artigo "o procedimento utilizado para garantir acessibilidade ao Pd para o músico deficiente visual foi a edição textual do arquivo de programação do patch" (p. 5). Os *patches* são os arquivos que contém o código fonte dos programas desenvolvidos no Pd. Estes são armazenados em arquivos de texto que podem ser editados com um editor de texto simples. Uma vez que um *patch* do Pd seja editado textualmente e salvo, ao ser aberto pelo *software* Pd as modificações do código fonte efetivam-se nos blocos visuais e suas interligações, sendo possível determinar pelo texto as características da aparência dos blocos como: sua posição horizontal e vertical na tela, sua função, o seu conteúdo ou forma, tamanho, cor, e etc, como também é possível determinar suas interligações com outros blocos.

O grande problema é que no Pd, como em tantas outras linguagens de programação, o uso de caracteres especiais é amplo. A digitação não fica limitada apenas a letras e algarismos mas também se estende a caracteres como: "!@#\$%&\*()\_-=+~|<>". Estes caracteres são posicionados de maneira diferente de teclado para teclado de computador, variando segundo o tipo de *layout* em que foram construídos. Estes variam muito de um fabricante para outro e principalmente de computadores do tipo *desktop* para os portáteis ou *notebooks*. Muito embora o *layout* conhecido como padrão ABNT2 seja amplamente utilizado no Brasil, ainda assim, como estes caracteres especiais não são de uso muito frequentes em textos cotidianos, a memorização de seus posicionamentos dificulta uma escrita mais fluida e, conseqüentemente, o próprio processo de programação em si para uma pessoa cega.

Outra questão que atrapalha a acessibilidade do teclado de computador é que este equipamento não foi originalmente criado para pessoas com deficiência

visual, portanto as soluções existentes para facilitar o seu uso, como por exemplo a gravação em relevo de células braille sobre as teclas, são na verdade adaptações para facilitarem o seu uso. Quando a acessibilidade resulta de uma adaptação, tende a não ser tão eficiente como quando é desenvolvida com um propósito e com um projeto previamente voltados desde o início para esta finalidade.

Na tentativa de criar uma alternativa ao teclado para a inserção de dados em computadores e que já fosse originalmente pensada para a acessibilidade, um equipamento de *hardware* foi produzido durante esta pesquisa, o invento denominado *Braille Handles* teve sua patente requerida pela UNICAMP através da agência de inovação INOVA. Este equipamento permite a inserção direta de caracteres em braille no computador, possui 6 chaves, cada uma correspondendo a um dos 6 pontos de uma célula braille e seu acionamento é interpretado pelo computador de diferentes maneiras: como um caractere, uma sequência de caracteres, um comando ou uma sequência de comandos, segundo as suas configurações.

O *Braille Handles* potencialmente pode ser utilizado para a escrita do braille em computadores por pessoas cegas para facilitar a escrita de textos, principalmente aqueles que contêm caracteres especiais, mas também oferece acessibilidade recíproca e pode ser igualmente utilizado por pessoas videntes. O *Braille Handles* também oferece uma acessibilidade reversa, permitindo não apenas a escrita do braille como também a sua leitura. Uma pessoa vendo um texto em braille pode, com o auxílio do *Braille Handles*, escrever as células braille com o dispositivo e ver sua decodificação na tela do computador, isto é, o *Braille Handles* possui uma dupla função de escrita e leitura do braille. Detalhes de sua construção podem ser lidos no artigo "*A Low Cost Computing Interface to Speed Up Braille Music Notation*" (PENTEADO; ZATTERA; FORNARI, 2015, p. 73) que descreve o equipamento como duas manoplas feitas com tubo de PVC de 40mm de diâmetro por 120mm de comprimento com três botões em cada manopla, sendo que os 6 botões são conectados a uma placa Arduino que é então conectada ao computador.

A principal vantagem do equipamento, além de permitir a escrita direta do braille, é que os toques nos botões são capturados e processados antes de serem enviados ao sistema operacional, o que evita o conflito com os *softwares* leitores de

tela e favorece o uso de configurações democráticas para modificar seu comportamento segundo as necessidades do usuário. Com o *Braille Handles* é possível, por exemplo, mapear uma célula braille para que ao ser acionada envie ao computador uma série de comandos que pode ser: a digitação de um ou mais caracteres; a digitação de um texto mais longo; teclas de deslocamento (Alt, Shift, Control, AltGr, etc) associadas ou não às letras, números e teclas de função. O *Braille Handles* permite inclusive o acionamento do mouse, a movimentação do ponteiro pela tela do computador, o posicionamento do ponteiro em um ponto definido por coordenadas horizontais e verticais, permite a execução de cliques simples ou duplos, como também a operação de clicar-arrastar-e-soltar, e tudo controlado por uma ou mais células brailles, conforme configurado pelo usuário.

As configurações democráticas utilizadas no *Braille Handles* permitiram que o dispositivo pudesse ter seu uso estendido, ampliando sua acessibilidade recíproca, não restringindo seu uso apenas para pessoas cegas. Através das configurações democráticas o *Braille Handles* pôde controlar sínteses sonoras no *software* Pure Data e pôde ser utilizado como um novo instrumento musical digital, conforme detalhes em artigo apresentado no 13º Simpósio de Cognição e Artes Musicais:

Dentro da perspectiva de buscar novas alternativas de uso para o invento, aventou-se a possibilidade de sua utilização como um instrumento musical digital, no controle gestual de síntese sonora, o que permitiu sua participação no concerto da obra "Treatise" do compositor Cornelius Cardew, apresentado na íntegra pela primeira vez no Brasil na Casa do Lago da UNICAMP em 09/06/2016 por alunos da disciplina de pós-graduação oferecida pelo Prof. Dr. Manuel Falleiros. Esta obra é conhecida como o "Monte Everest" das partituras gráficas, composta por 193 páginas de notação musical alternativa baseada apenas em elementos gráficos, sua criação foi inspirada no "Tractatus Logico-Philosophicus" do filósofo Ludwig Wittgenstein, que examina os limites da linguagem humana. (PENTEADO; FORNARI, 2017)

O *Braille Handles* ainda pode ser utilizado fora do contexto diretamente computacional. Pode ser associado a um módulo *bluetooth* para controlar equipamentos e eletrodomésticos à distância, podendo também se conectar a uma rede *wifi* e efetuar tais controles até via internet. Desta forma, em desenvolvimentos futuros o braille poderá vir a ser utilizado até dentro de um automóvel para controles gerais como vidros elétricos, ar condicionado, equipamento de som (controle de volume, mudança de estação de rádio, mudança de faixa de CD, controle de



equalização, etc), tudo com comandos em braille, fazendo do braille um sistema mais popular e promovendo seu emprego com acessibilidade recíproca.

Uma outra utilização prática do braille como interface para o controle do computador foi empregada durante o programa "Ciência & Arte nas Férias (CAF)" de 2017. Este programa, de responsabilidade da pró-reitoria de pesquisa da UNICAMP, tem como objetivo despertar jovens talentos para a pesquisa científica e atividades artísticas e envolvê-los, desde cedo, em atividades práticas onde haja contato com os desafios atuais da ciência, a metodologia do trabalho científico, o ambiente humano dos laboratórios de pesquisa e as diferentes formas de expressão artística. O projeto apresentado ao programa pelo Prof. Dr. Fornari intitulava-se "Ferramentas de Software e Hardware Livre para a Musicografia Braille". A proposta lançada aos participantes foi a criação de um jogo de computador com acessibilidade para uma pessoa cega, isto é, um *audiogame*.

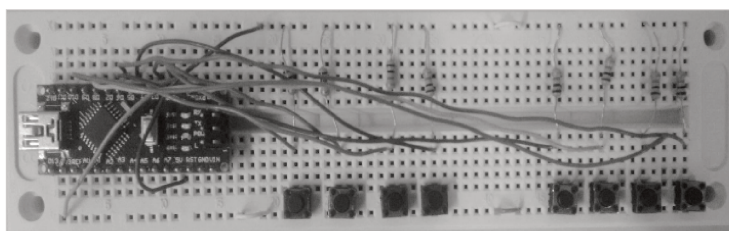
A sugestão aos participantes foi que utilizassem as ferramentas já desenvolvidas pelo grupo SICA (Sinestesia e Interatividade Computacional Artística) de pesquisas em acessibilidade liderado pelo orientador e coorientador desta pesquisa de mestrado, composto por estudantes de pós-graduação e estudantes do ensino médio que participam/participaram dos projetos PIBIC (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica da UNICAMP) desenvolvidos no LAB.

Em vez de um controlador de jogos convencional como um *joystick* ou *game pad* a sugestão foi do uso do mesmo circuito eletrônico do *Braille Handles*, a fim de permitir que o jogo pudesse ser controlado através do braille. Algumas músicas folclóricas foram escritas, através de percepção auditiva, em partituras por uma aluna de iniciação científica do PIBIC. Os participantes do CAF transcreveram a partitura para o sistema LE e, através do uso de softwares criados durante esta pesquisa, converteram a notação textual em *pitches* do Pd, os quais compuseram a parte de síntese de áudio do *audiogame*. Foi mais uma utilização do braille com acessibilidade recíproca, tanto cegos quanto videntes podem jogar e interagir com o jogo que foi desenvolvido.

A Fig. 44 apresenta o protótipo do *audiogame* em protoboard.



Figura 44 – Audiogame.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O sistema LE não é uma solução final para notação musical, e nem pretende ser, especialmente porque nesta fase atual do seu desenvolvimento apenas permite o registro das alturas das notas, mas o curto tempo de treinamento, de cerca de 20 minutos, exigido para que uma pessoa sem qualquer conhecimento de notação musical consiga transcrever uma partitura para o sistema LE, aponta que seria viável e válido um investimento de esforços para a criação de um sistema mais completo com esta finalidade, de forma que a transcrição de partituras convencionais para a musicografia braille não requeira uma pessoa tão especializada para o processo.

Evidentemente uma boa pesquisa quantitativa no futuro seria necessária para conclusões efetivas, porém os resultados de transcrições de alturas foram muito satisfatórios, e a possibilidade de conversão a partir do sistema LE, via *software*, para outros como: *patches* do Pd, arquivos do Musescore, MIDI, tablatura, musicografia braille e etc, reforçando a ideia de que possivelmente haveria opções em que um sistema de notação intermediário pudesse ser convertido de/para outros sistemas de notação. O sistema LE, por ser apenas baseado em texto, é um sistema que desfruta de plena acessibilidade recíproca, podendo ser utilizado igualmente tanto por cegos quanto por videntes.

Desenvolveu-se também durante esta pesquisa de mestrado um *plugin*<sup>31</sup> para o *software* Musescore, capaz de se conectar via internet com um servidor e converter uma entrada textual escrita no sistema LE em partitura convencional. O *download* está disponível no repositório de *plugins* do Musescore no link <https://musescore.org/plugins> sob o nome de Mustaq Import.

---

31 Um *plugin* é um *software* utilizado para interagir e oferecer alguma função extra a um *software* de maiores proporções.

Mustaq é o nome de um sistema computacional mais completo que vem sendo desenvolvido pelo autor desta pesquisa há alguns anos e que objetiva a escrita musical de maneira mais rápida através do registro de padrões musicais rítmicos, melódicos e harmônicos. Este *software* sofreu algumas modificações para interpretar o sistema LE. O nome Mustaq do *software* deriva da junção das palavras música e taquigrafia, como uma alusão ao sistema de escrita rápida da fala. Segundo Goldemberg (2012, p. 92), é comum entre músicos experientes que a leitura musical aconteça através da detecção e reconhecimento de padrões musicais. O princípio de aceleração de escrita do *software* Mustaq é permitir a escrita de padrões musicais. Os *softwares* existentes para a escrita musical atualmente permitem a notação musical através da escrita de nota por nota, altura por altura, duração por duração e não de grupos ou padrões.

Maiores detalhes sobre as hipóteses para a notação musical através da escrita de padrões podem ser encontrados nos artigos "Um Sistema Computacional de Taquigrafia Musical para Deficientes Visuais" (PENTEADO; ZATTERA; FORNARI, 2015), "Estudo do desenvolvimento de um sistema computacional para taquigrafia musical" (PENTEADO; FORNARI, 2015b) e "*Stenographic patterns for speed music notation*" (PENTEADO; FORNARI, 2015a), que foram escritos e publicados em congressos durante esta pesquisa de mestrado.

A musicografia braille é um sistema de notação bastante compacto, possui muitas características que facilitam a compressão de um número grande de informações musicais utilizando-se de poucas células. Embora na atualidade a musicografia braille tenha seu uso quase que exclusivo para pessoas com deficiência visual, é bem possível que muitos dos seus elementos possam vir a ser utilizados, em um futuro próximo, para a prática da escrita musical rápida proposta pelo *software* Mustaq. E este fato traria uma dimensão de acessibilidade recíproca à musicografia braille, que passaria a beneficiar também a músicos videntes e não apenas àqueles com deficiências visuais.

O sistema LE enriqueceu e aprimorou algumas estratégias e recursos pedagógicos utilizados pelo autor com seus alunos particulares de música que são videntes. A possibilidade da representação de diagramas de braço de violão através da escrita textual facilitou o intercâmbio de informações onde a representação

gráfica não seria possível ou não seria tão simples de ser executada. Uma situação exemplo é com os alunos que estão aprendendo a literalmente "decifrar" a cifragem dos acordes, convertendo a cifra em notas em seus instrumentos e aprendendo a posição correta de cada dedo sobre um par corda/casa. Nesta abordagem, o material pedagógico inicialmente fornecido aos alunos é apenas uma letra com cifras e os alunos devem devolver a formação correta dos acordes no braço do violão, para que sejam analisadas e corrigidas pelo professor. Esta atividade foi bastante simplificada com o uso da representação textual dos acordes, pois o envio de uma mensagem de texto é bastante simples por e-mail, SMS, redes sociais ou ainda por outras formas de troca de mensagens de aplicativos de celular, sem que isso demandasse a instalação de *software* específico para música ou para edição gráfica. O treinamento da escrita dos acordes contribui bastante para facilitar a aprendizagem dos mesmos. Tradicionalmente cobra-se mais dos alunos a leitura do que a escrita de acordes em diagramas de violão pelas dificuldades técnicas de sua execução, mas o sistema LE facilitou muito esta atividade pedagógica de escrita de acordes pelos alunos.

O formato de letras cifradas do sistema LE também tem facilitado a prática pedagógica do autor desta dissertação com seus alunos particulares de música. A cifragem de músicas exige, mesmo de videntes, um razoável esforço para fazer o alinhamento das cifras sobre a sílaba correta das palavras da letra da canção. Durante um processo de transcrição "de ouvido" de uma música de um CD para o papel, é muito frequente a necessidade de correção do alinhamento dos acordes sobre a letra, seja pela inclusão de novos acordes, pela exclusão ou pela modificação destes. O uso do sistema LE para este trabalho acelerou sobremaneira o alinhamento das cifras sobre a letra. Na realidade a necessidade do alinhamento manual foi totalmente dispensada, o *software* cuida integralmente deste processo. O alinhamento das cifras também sofre modificação quando é necessário fazer a transposição do tom de uma canção previamente cifrada, pois os acordes aumentam ou diminuem de tamanho com a variação dos acidentes, e o sistema LE eliminou completamente a necessidade deste realinhamento.

Algumas famílias de fontes para computadores possuem muitas diferenças tipográficas entre si. Desta forma uma cifra originalmente escrita com um

tipo de fonte pode perder totalmente o alinhamento se houver modificação para outro tipo, por exemplo, nas fontes mono espaçadas, também chamadas de passo fixo ou não proporcionais, os caracteres ocupam sempre um mesmo tamanho de espaço horizontal como eram os tipos das antigas máquinas de escrever. Se uma letra cifrada escrita com uma fonte deste tipo tiver sua fonte modificada para outras famílias como *Arial* ou *Times New Roman* o alinhamento entre cifra e letra se perde completamente. O sistema LE resolve este tipo de problema.

As experiências realizadas com *software* e *hardware* nesta pesquisa ampliaram as possibilidades não somente de alternativas para a notação musical, que eram o foco principal do estudo, mas também de alternativas para a criação de outros periféricos para inserção de dados em computador com acessibilidade para necessidades e deficiências específicas e com acessibilidade recíproca para permitir seu uso de maneira mais geral por todas as pessoas. O uso de *softwares* e *hardwares* livres como respectivamente o Pd e a placa Arduino também impulsionaram bastante os desenvolvimentos rápidos de protótipos para provas de conceitos de hipóteses que surgiram ao longo deste estudo. Um último dispositivo que merece destaque nesta discussão dos resultados desta pesquisa foi a "Therengala", um protótipo em desenvolvimento que visa ao aprimoramento da bengala utilizada pelos cegos através da incorporação de sensores com fins de estender as capacidades desta ferramenta de uso quase indispensável por pessoas cegas.

A Therengala resultou da instalação de sensores de distância no corpo da bengala, os quais transferem por rádio frequência as informações capturadas para um computador onde são utilizadas como parâmetros para o controle de síntese sonora. O nome Therengala faz referência ao Theremin, um instrumento musical cuja execução não depende do contato físico do musicista, isto é, o músico toca o instrumento sem (fisicamente) tocá-lo, bastando apenas aproximar e afastar as mãos de duas antenas, fato que produz alterações capacitivas e estas alterações são utilizadas eletronicamente para modificar a altura e a intensidade de uma onda senoidal emitida por um alto-falante.

O objetivo da Therengala é, além de melhorar a acessibilidade da bengala, explorar a possível excelência de habilidades cognitivas encontradas em

alguns músicos cegos (PORTAS et al., 2016). "Estudos apontam para a possível existência de uma correlação direta entre a supressão do estímulo visual, dado pela cegueira completa, e a performance melhorada do processamento cerebral de outros sentidos, bem como de funções cognitivas, como a atenção e a memória." (Ibid.).

Em um desenvolvimento subsequente, utilizou-se na bengala um sensor de vibração para a detecção da constituição e tipo de textura do piso captados através do atrito da bengala em seu movimento de trabalho característico.

Em ambos os casos, com uso de sensores de distância ou de vibração, as informações capturadas pelos sensores foram responsáveis pelo controle da síntese sonora em um computador, fazendo da bengala um novo instrumento musical, capaz de sonificar do ambiente e a criação de paisagem sonora. O fato da bengala também ser utilizada como um instrumento musical faz com que esta possa ser utilizada por músicos que não tenham deficiências visuais, permitindo-os experimentar os processos hápticos com os quais as pessoas cegas podem captar e processar a informações do ambiente à sua volta (PENTEADO; ZATTERA; FORNARI, 2017). Assim, até mesmo a própria bengala utilizada pelos cegos pode se tornar uma ferramenta de acessibilidade recíproca.

No próximo capítulo serão apresentadas algumas considerações finais sobre os estudos realizados ao longo desta pesquisa.

## 5. Considerações finais

Neste momento faz-se necessária uma retomada dos questionamentos iniciais que nortearam os rumos desta pesquisa. Para cada questão, algumas conclusões serão apresentadas sendo que estas não são a única maneira ou possibilidade de solução das mesmas.

A primeira grande questão a ser respondida é se existe uma forma mutuamente acessível a cegos e videntes de representação dos materiais mais básicos utilizados na pedagogia do violão que são: diagramas de violão, letras cifradas e partituras.

Pelo que se pôde concluir, na música popular não existe um sistema de notação musical para os cegos mais detalhado que a musicografia braille, assim como não existe para os músicos videntes um sistema tão detalhado quanto a partitura tradicional. Uma vez que ambos os sistemas não oferecem acessibilidade recíproca para cegos e videntes, i.e., os cegos não podem utilizar a partitura convencional e os videntes não podem utilizar facilmente a musicografia braille, uma escrita que seja simultaneamente acessível aos dois grupos necessariamente deverá ser diferente destes dois sistemas.

A garantia de acessibilidade recíproca para cegos e videntes em um sistema alternativo de notação musical implica na escolha de um meio mutuamente acessível, sendo o formato textual uma hipótese bastante atrativa. Embora seja importantíssimo destacar que tais sistemas de notação textuais não devam substituir nem a partitura e nem a musicografia braille, atuando apenas como uma ponte para o intercâmbio de informações musicais entre musicistas cegos e videntes, como também para facilitar a inserção de dados em computadores e a criação e edição de partituras neste ambiente. Mas após serem processados e impressos, estes formatos textuais se transformam em partitura e/ou musicografia braille.

Textos podem ser facilmente lidos tanto por videntes e também por cegos, desde que impressos em braille ou, em ambiente computacional, através de leitores de tela. Existem alguns sistemas de notação voltados a esta abordagem de notação textual de partituras e que contam com *softwares* de apoio, entre eles dois



mereceram destaque: *ABC Notation* e *Lilypond*, citados na introdução deste trabalho.

A principal vantagem do *Lilypond* é a qualidade da impressão final de uma partitura, fato que leva uma grande comunidade de músicos videntes a utilizarem este *software*. O próprio *software* cuida para que naturalmente não haja sobreposições entre hastes de figuras, textos, cifras e etc, que são razoavelmente comuns de acontecer em *softwares* com *interface* gráfica, o que exige frequentes correções. Em alguns destes *softwares* gráficos a partitura impressa às vezes apresenta diferença com relação ao que se vê na tela do computador. Já a saída do *Lilypond* é em PDF, e a impressão é idêntica ao arquivo produzido.

O *Lilypond* apresenta-se como um sistema completo para a notação de partituras desde as bem simples, com apenas uma única linha melódica a uma voz, até partituras mais sofisticadas como grades orquestrais. A sua maneira textual de representação dos elementos musicais, dentro de certos limites, assemelha-se ao padrão da musicografia braille no sentido de ser uma escrita linear, isto é, caractere a caractere, mesmo para a representação de notas e frases musicais que ocorram ao mesmo tempo ou paralelamente. Sempre as notas são escritas e lidas no texto uma a uma, não há a exigência de serem lidas em duas linhas diferentes simultaneamente, por exemplo.

A principal desvantagem é que sua aparência se aproxima muito de uma linguagem de programação, utilizando vários símbolos além de letras e números, tendo estruturas de dados comuns em linguagens de programação como variáveis, listas, funções, etc, fazendo com que este sistema não seja amigável a músicos que não tiveram experiência anterior com programação de computadores. Sua sintaxe é muito próxima do *LaTeX*, favorecendo aqueles que já conhecem ou já trabalham com este tipo de escrita.

Dadas as características de permitir a inclusão de código de programação no corpo do texto, o *Lilypond* oferece a maior maleabilidade para a escrita musical em formato textual. Permite uma vasta gama de possibilidades de notação que abrange desde facilidades para as notações mais antigas como a notação musical do canto gregoriano ou a do barroco, até a escrita da música contemporânea, com possibilidades para escritas não usuais e ou escritas gráficas, tudo a partir de uma

entrada textual. Apesar de não ser de elaboração tão simples, é totalmente acessível para uma pessoa com deficiência visual. Por se tratar de uma entrada textual, o leitor de tela oferece todo o apoio necessário para leitura, escrita e correções das notas, com a facilidade que os *softwares* gráficos não oferecem.

O *ABC Notation* tem uma sintaxe mais simples, apresentando-se como um sistema mais intuitivo e portanto com uma curva de aprendizagem menos íngreme do que o *Lilypond*. Sua principal vantagem é a sua popularização, possuindo um acervo disponível online de mais de meio milhão de partituras. Também conta com uma lista muito grande de *softwares* que podem importar e exportar para seu formato. Sua principal desvantagem é não ser tão maleável quanto o *Lilypond* para a geração de partituras mais elaboradas.

Tanto o *Lilypond* quanto o *ABC Notation* são melhores para a escrita do que para a leitura. A leitura só é simples para um vidente após o texto ser convertido para partitura digital ou impressa, e só é simples para um músico cego após o texto ser transformado em musicografia braille para ser impresso em relevo ou exibido em uma linha braille. Esta transformação para o braille requer o uso de outros *softwares*. A leitura direta do texto original para o instrumento é ainda mais difícil, e embora possível, irá requerer um elevado grau de prática do musicista.

Estes dois sistemas permitem a escrita da letra da música vocal sob as notas ou separada do corpo da partitura, logo abaixo dela, tornando possível a escrita de uma letra cifrada. Os dois possuem, no entanto, muitas limitações para este processo, sendo mais fácil para esta função o uso de outro *software*, um editor de texto comum. Nenhum deles possui uma solução para viabilizar a cifragem de letras com boa acessibilidade para uma pessoa cega, i.e., nenhuma solução nativa para a escrita de letras e cifras em uma única linha conforme a apresentada no sistema LE. Além disso, o sistema LE oferece uma possibilidade que nem o *Lilypond* nem o *ABC Notation* oferecem, que é exibir a nomenclatura por extenso dos acordes, por exemplo, um acorde de "F#m" passa a ser lido pelo leitor de tela como "Fá sustenido menor" e não como "efe cardinal eme", conforme seria a leitura padrão.

Para a segunda questão, se é possível a uma pessoa cega ter autonomia completa na edição de partituras, sem depender do auxílio de uma pessoa vidente, a

resposta não se restringe apenas aos *softwares* de notação musical em si. O próprio computador não é um dispositivo totalmente acessível. São diversas as situações em que é necessária a intervenção de um vidente no processo, independente se o computador esteja ou não sendo utilizado para a notação musical. São alguns exemplos: os momentos de travamento ou em que o computador responde de maneira não usual ou imprevisível; situações em que o leitor de tela é incapaz de ler determinada informação na tela, especialmente em momentos em que a ação do usuário é exigida; situações em que somente é possível interagir com o computador através do uso do *mouse*; e etc.

De maneira geral a notação textual de partituras apresenta-se como um processo que oferece muito controle em todas as etapas a um usuário cego, pois este está trabalhando, em última instância, apenas com uma edição de textos simples e não com uma interface gráfica. O *Lilypond*, o *ABC Notation* e outros sistemas do gênero também permitem a conversão de texto em som, isto serve como referência auditiva à pessoa com deficiência visual para garantir se a escrita está acontecendo conforme o esperado. Em uma situação regular é perfeitamente plausível, através da notação textual, que uma pessoa cega consiga realizar sozinho todos os passos desde a criação até a impressão de uma partitura. Em ambientes gráficos esta autonomia em geral se mostra mais comprometida.

A última questão, sobre a possibilidade de uma pessoa sem conhecimentos musicais conseguir identificar elementos gráficos em uma partitura e registrá-los de alguma forma que posteriormente um *software* possa processar e transformar em uma partitura completa. Este é um estudo que merece bastante atenção, dada a sua importância, pois o desenvolvimento de um sistema efetivo com estas características contribuiria em muito para acelerar a produção destes materiais e diminuir a sua grande demanda. Atualmente no LAB, diversos materiais de diferentes disciplinas são diariamente convertidos a formatos acessíveis, mas quando se trata da conversão de partituras para a musicografia braille a dificuldade neste processo impede que sua confecção ocorra por qualquer um, entre os funcionários e bolsistas, que não possuam vasto conhecimento tanto de música, quanto de braille e de musicografia braille.

Durante esta pesquisa a busca de tal sistema foi uma preocupação, embora no estágio atual apenas foi possível a realização desta tarefa com relação à altura das notas, mas é de se supor que seja possível agregar outros elementos musicais. Por exemplo, para o caso das durações, aparentemente não seria tão difícil a uma pessoa com mínima discriminação visual identificar a cor da cabeça da figura, identificar se ela possui ou não uma haste, se desta haste derivam ou não outras linhas ou curvas. Enfim, devem existir maneiras para que se chegue à conclusão do tipo de figura e outros elementos da partitura sem que o vidente necessariamente compreenda com exatidão o seu significado musical.

Não existem ainda condições para se afirmar se é ou não possível a uma pessoa sem conhecimento musical profundo conseguir executar a transcrição de uma partitura para um sistema intermediário que possa, posteriormente, por *software*, ser convertido a outros. Porém fortes evidências indicam que, além do que já foi possível de se fazer com o registro das alturas, outros elementos poderão ser igualmente representados, em futuras pesquisas na área, como: a duração; os sinais de dinâmica; os sinais de direção; indicações de tempo e andamento; e etc. Ou seja, elementos que possuem alguma identidade visual clara e não ambígua. Por certo esta ação incorrerá em algum treinamento para o vidente responsável por executá-la, mas possivelmente este treinamento não será tão demorado e exigente quanto o que atualmente é necessário para a execução destas transcrições, uma vez que não dependerá de uma formação musical completa para esta tarefa.

Para além das respostas a estas questões acima discutidas, cabe uma última consideração a respeito da experiência adquirida na vivência cotidiana com as questões relativas à acessibilidade durante os ciclos de pesquisa-ação deste trabalho. Foram mais de dois anos buscando novas possibilidades de soluções para antigos problemas de acessibilidade, com alguns sucessos e algumas frustrações. O contato com o LAB, com seus funcionários e usuários, o apoio da literatura acadêmica da área, as trocas de conhecimentos com colegas, com pesquisadores, professores e sobretudo com o orientador e o coorientador deste trabalho, tudo isso materializou-se como um conjunto capaz de modificar a percepção do próprio conceito em si do que é acessibilidade.

Acessibilidade é um direito, inclusive garantido por lei. Já está no passado - ultrapassado - o conceito de ser um favor, uma oportunidade, uma chance, etc. Acessibilidade é mais do que prover acesso; acessibilidade é mais do que integrar uma pessoa ao mercado de trabalho ou a uma instituição de ensino, até mais do que desobstruir barreiras, como quer a legislação. Isto é apenas um meio para se chegar a um fim maior que é a verdadeira inclusão. Acessibilidade é sobretudo inclusão, e em seu sentido mais amplo é tornar os seres humanos mais unidos, facilitando sua interação, respeitando suas individualidades, suas diferenças e suas deficiências. Neste quesito, a acessibilidade recíproca tem um papel muito acima de simplesmente permitir o uso do braille ou de uma bengala por um vidente ou a manipulação de um *software* visual como o Pd por uma pessoa cega. A acessibilidade recíproca possui um caráter essencial e intrínseco de possibilitar a alteridade, i.e., de permitir colocar-se no lugar do outro, de sentir-se como o outro, de conhecer e melhor compreender as necessidades do outro e assim despertar a consciência para uma sociedade que se constitua mais justa, mais igualitária e melhor para todos.

A música tem historicamente uma grande importância social de incluir, de agregar os indivíduos, de promover a consciência de que, metaforicamente, vivemos em uma grande orquestra onde cada um é um instrumento musical com igual importância e contribuição para o som do conjunto, mesmo não havendo dois timbres exatamente iguais entre todos eles. Almeja-se portanto que as ferramentas e conceitos apresentados neste trabalho contribuam para a ampliação desta consciência de conjunto ao propiciarem um pouco mais de acessibilidade recíproca no diálogo musical entre violonistas cegos e videntes.

### Referências Bibliográficas

ABBAGNANO, N. *Dicionário de filosofia*. São Paulo: Martins Fontes. 2000. ISBN 9788533613225.

ABEYWARDENA, I. S. *A report on the Re-use and Adaptation of Open Educational Resources (OER): An Exploration of Technologies Available*. Vancouver: Commonwealth of Learning. 2012. Disponível em: <[http://oasis.col.org/bitstream/handle/11599/233/ExplorationOfTechnologiesAvailable\\_OER.pdf](http://oasis.col.org/bitstream/handle/11599/233/ExplorationOfTechnologiesAvailable_OER.pdf)>. Acesso em: 02 mai. 2017.

ANGIER, N. *Aprendendo a valorizar o toque*. 2008. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/newyorktimes/ny2212200821.htm>>. Acesso em: 17 jun. 2017.

ARNAIS, M. A. de O.; STADOAN, D. de B.; ZATTERA, V. *Acessibilidade sob Diferentes Pontos de Vista: caminhos percorridos pelo pesquisador com deficiência visual*. Revista Gestão & Conexões. Vitória, ES: Universidade Federal do Espírito Santo, 2014. v. 3, n. 1, p. 92–106, jan./jun., 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. Rio de Janeiro, RJ. 2002.

BELARMINO, J. As novas tecnologias e a "desbrailização". In: Seminário Nacional de Bibliotecas Braille, SENABRAILLE, , 2., 2001. João Pessoa, PB. *Anais eletrônicos...*. Disponível em: <<http://intervox.nce.ufrj.br/~joana/textos/tecni08.html>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

BONILHA, F. F. G. *Leitura musical na ponta dos dedos: caminhos e desafios do ensino de musicografia Braille na perspectiva de alunos e professores*. 226 f. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Artes. Campinas, SP. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). 2006.



BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. *Grafia Braille para a Língua Portuguesa*. Elaboração: Cerqueira, Jonir Bechara et al. Secretaria de Educação Especial. Brasília: SEESP, 2006. 106p. ISBN 978-85-60331-03-1.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. *Novo manual internacional de musicografia Braille*. Coordenação Geral: Maria Glória Batista da Mota. Elaboração: União Mundial de Cegos, subcomitê de Musicografia Braille. Secretaria de Educação Especial. Brasília: SEESP, 2004. 310p.

BRICKI, N.; GREEN, J. *A Guide to Using Qualitative Research Methodology*. feb. 2007. URI <<http://hdl.handle.net/10144/84230>>. Acesso em: 03 mai. 2017.

CHARLTON, J. *Nothing about us without us: disability oppression and empowerment*. Berkeley: University of California Press. 1998. ISBN 0-520-22481-7.

CHOMSKY, N. *Syntactic structures*. Berlin, New York: Mouton de Gruyter. 2002. ISBN 3-11-017279-8.

CHOMSKY, N. *On certain formal properties of grammars*. Information and control. [S.l.]: Elsevier, 1959. v. 2, n. 2, p. 137–167, 1959.

CHOMSKY, N. *Three models for the description of language*. IRE Transactions on information theory. Cambridge, Massachusetts:[s.n.], 1956. v. 2, n. 3, p. 113–124, 1956.

CULTURAL, E. N. *Grande dicionário Larousse Cultural da língua portuguesa*. São Paulo, SP: Editora Nova Cultural, 1999. ISBN 85-13-00844-3.

DA SILVA, L. de O. et al. Programação textual em linguagem visual para computação musical. In: XXVI Congresso da ANPPOM, 2016. Belo Horizonte, MG. *Anais...*

ESCOLA DA GENTE. *Manual da mídia legal: Comunicadores pela inclusão*. Rio de Janeiro, RJ: WVA Editora. 2002. ISBN 85-85644-29-X.

FRANCO, M. A. S. *Pedagogia da pesquisa-ação*. Educação e pesquisa. [S.l.]:[s.n.], 2005. v. 31, n. 3, p. 483–502, set./dez., 2005.

GIESTEIRA, A.; GODALL, P.; ZATTERA, V. *La enseñanza de la Musicografía Braille: consideraciones sobre la importancia de la escritura musical en Braille y la transcripción de materiales didácticos*. Revista da ABEM. [S.l.]:[s.n.], 2015. v. 23, n. 34, 2015. Disponível em: <<http://www.abemeducacaomusical.com.br/revistas/revistaabem/index.php/revistaabem/article/view/536>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

GODOY, A. S. *Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades*. Revista de Administração de Empresas. São Paulo, SP:[s.n.], 1995. v. 35, n. 2, p. 57–63, mar./abr., 1995.

GOLDEMBERG, R. Uma abordagem psicolinguística para a compreensão da leitura cantada à primeira vista.. In: VIII Simpósio de Cognição e Artes Musicais, 2012. *Anais...*

GOLDSTEIN, D. *Music pedagogy for the blind*. International Journal of Music Education. [S.l.]:[s.n.], 2000. v. os-35, n. 1, p. 35-39, 2000.

ICKING, W. *MuTeX, MusicTeX and MusiXTeX*. In: SELFRIDGE-FIELD, E. (Org.). *Beyond MIDI*. Cambridge, Massachusetts: MIT press. 1997. ISBN 9780262193948.

KARL MARX, F. E. *Die deutsche Ideologie: Thesen über Feuerbach (Vollständige Ausgabe)*. [S.l. e-artnow. 2015.

KAY, B. *Jacksonville, Illinois: the traditions continue*. Charleston, S.C: Arcadia Pub. 1999. ISBN 9780738502328.

KOELLREUTTER, H. J. *Harmonia funcional: introdução à teoria das funções harmônicas*. 3ª ed. São Paulo, SP: Ricordi Brasileira. 1980.

KOWALTOWSKI, T. *Implementação de linguagens de programação*. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Guanabara Dois. 1983. ISBN 85-7030-009-3.

KRINGELBACH, M. L.; VUUST, P.; GEAKE, J. *The pleasure of reading*. Interdisciplinary science reviews. [S.l.]: Taylor & Francis, 2008. v. 33, n. 4, p. 321–335, 2008. Disponível em: <[http://www.kringelbach.org/papers/ISR\\_Kringelbach2008.pdf](http://www.kringelbach.org/papers/ISR_Kringelbach2008.pdf)>. Acesso em: 01 mai. 2017.

LACERDA, O. *Compêndio de teoria elementar da música*. 3ª edição. São Paulo, SP: Ricordi Brasileira. 1966.

LAMPORT, L. *LATEX: a document preparation system: user's guide and reference manual*. 2nd ed. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley. 1994. ISBN 0-201-52983-1.

LEITE, R. D. *A leitura tátil como processo de inclusão*. In: PAULA, A. S. de (Org.); PINHEIRO, C. L. (Org.). *Ao pé da letra*. Maceió, AL: EdUFAL. 2007. ISBN 978-85-7177-384-4.

LEWIN, K. *Resolving Social Conflicts: And, Field Theory in Social Science*. [S.l. American Psychological Association (APA). 1997. ISBN 1557984158,9781557984159.

LIMA, T. H. N. *A importância do letramento escolar para a criança cega*. Caminhos em Linguística Aplicada. Taubaté, SP: Universidade de Taubaté - UNITAU, 2010. v. 3, n. 2, p. 108–120, 2010.

LÜDKE, M.; DE ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas*. [S.l. EPU. 2008. ISBN 9788512303703.

MANTOAN, M. T. E.; BARANAUSKAS, M. C. C. *Acesso, permanência e prosseguimento da escolaridade de nível superior de pessoas com deficiência: ambientes inclusivos*. Campinas, SP. 2003. Projeto de Pesquisa, Faculdade de Educação, UNICAMP.

NICOLAIEWSKY, C. de A.; CORREA, J. *O aprendizado da escrita em braille: estabelecendo limites entre as palavras*. Revista Benjamin Constant . Rio de Janeiro, RJ: Instituto Benjamin Constant – IBC, 2008. n. 41, dez, 2008.

OETTINGER, A. G. *The uses of computers in science*. Scientific American. [S.l.]: [s.n.], 1966. v. 215, n. 3, p. 161–6, sep., 1966.

PENTEADO, A. F. da C.; FORNARI, J. Estudo do desenvolvimento de um sistema computacional para taquigrafia musical. In: 2015b. *Anais eletrônicos...* Disponível em: <[http://aesbrasil.org/wp-content/uploads/2015/05/Anais\\_AESBR2015.pdf](http://aesbrasil.org/wp-content/uploads/2015/05/Anais_AESBR2015.pdf)>.

PENTEADO, A. F. da C.; FORNARI, J. Mapeamento gestual Braille na Livre Improvisação. In: 13º Simpósio Internacional de Cognição e Artes Musicais, 13., 2017. Curitiba, PR, Brazil. *Anais...*

PENTEADO, A. F. da C.; FORNARI, J. Stenographic patterns for speed music notation. In: 11º Simpósio de Cognição e Artes Musicais, 11., 2015a. *Anais...*

PENTEADO, A. F. da C.; ZATTERA, V.; FORNARI, J. A Low Cost Computing Interface to Speed Up Braille Music Notation. In: "Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Computer Music", 2015. Campinas, SP, Brazil. *Anais...*

PENTEADO, A. F. da C.; ZATTERA, V.; FORNARI, J. A Study on Multisensorial Sonification Strategies for the Blind Performer. In: 13º Simpósio Internacional de Cognição e Artes Musicais, 13., 2017. Curitiba, PR, Brazil. *Anais...*

PENTEADO, A. F. da C.; ZATTERA, V.; FORNARI, J. Um Sistema Computacional de Taquigrafia Musical para Deficientes Visuais. In: XXV Congresso da ANPPOM, 25., 2015. Vitória, ES, Brazil. *Anais eletrônicos...* Disponível em: <<http://www.anppom.com.br/congressos/index.php/25anppom/Vitoria2015/paper/view/3392/1043>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

PINKER, S. *O instinto da linguagem: como a mente cria a linguagem*. São Paulo: Martins Fontes. 2002. ISBN 8533615493.

POHREN, D. E. *Paco de Lucía and family: the master plan*. Madrid, Spain Westport, CT: Society of Spanish Studies U.S.A. distributor, Bold Strummer Ltd. 1992. ISBN 0933224621.

PORTAS, L. et al. Therengala: construindo um hardware livre a serviço da acessibilidade visual e interatividade musical. In: XXVI Congresso da ANPPOM, 2016. Belo Horizonte, MG. *Anais...*

SASSAKI, R. K. *Inclusão: acessibilidade no lazer, trabalho e educação*. Revista Nacional de Reabilitação (Reação). São Paulo, SP:[s.n.], 2009. p. 10–16, mar./abr., 2009.

SASSAKI, R. K. *Nada sobre nós, sem nós: da integração à inclusão - Parte 2*. Revista Nacional de Reabilitação (Reação). São Paulo, SP:[s.n.], 2007. n. 58, p. 20–30, set./out., 2007.

STALLMAN, R. *Free Software, Free Society*. 3rd ed. Boston, MA: Free Software Foundation, Inc.. 2010. Disponível em: <<https://www.gnu.org/doc/fsfs3-hardcover.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2017. ISBN 978-0-9831592-6-1.

TAUPIN, D. *Using TEX to write polyphonic or instrumental music*. 2010. Disponível em: <<https://www.ctan.org/tex-archive/macros/musictex/>>. Acesso em: 02 mai. 2017.

THIOLLENT, M. . *Metodologia da pesquisa ação*. 12. ed.. São Paulo: Cortez. 2003.

TOFANI, A. P. M. *Uma ferramenta para notação musical em braille*. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Matemática e Estatística. São Paulo, SP. Universidade de São Paulo (USP). 2012.

### Apêndice - Conceito de linguagem e sua análise utilizados neste trabalho

O conceito de linguagem empregado neste trabalho seguiu a definição de Chomsky (1956, p. 114) que diz que "por linguagem entenderemos um conjunto (finito ou infinito) de sentenças, cada uma de tamanho finito, todas construídas por um alfabeto finito de símbolos. Se  $A$  é um alfabeto, dizemos que qualquer coisa formada pela justaposição dos símbolos de  $A$  é uma cadeia em  $A$ ", e ainda complementa que "por uma gramática de uma linguagem  $L$  compreenderemos um dispositivo que de alguma forma produza todas as cadeias que são sentenças em  $L$  e apenas estas".

Para exemplificar este conceito de forma prática e aplicado à música, supondo que um texto de entrada para uma análise fosse formado por uma progressão de acordes composta apenas por tríades maiores, como por exemplo "D F# Eb A", uma linguagem  $L$  capaz de produzir sentenças como esta contaria com um conjunto de símbolos terminais  $T$  constituído pelas letras maiúsculas de  $A$  até  $G$  e dos acidentes sustenido e bemol, isto é,  $T = \{A, B, C, D, E, F, G, \#, b\}$ . Através da justaposição destes símbolos terminais teríamos tríades com e sem acidentes formando um conjunto de símbolos não terminais  $N = \{\text{Tríade, Natural, Acidentada, Acidente}\}$ .  $T$  e  $N$  são disjuntos e a união de ambos forma o alfabeto  $\Sigma$  desta linguagem representado por  $\Sigma = T \cup N = \{A, B, C, D, E, F, G, \#, b, \text{Progressão, Tríade, Natural, Acidentada, Acidente}\}$ . As regras de produção  $P$  capazes de gerar todas as sentenças possíveis para esta linguagem seriam definidas por:

$$P = \{$$

- $S \rightarrow \text{Progressão},$
- $\text{Progressão} \rightarrow \text{Tríade},$
- $\text{Progressão} \rightarrow \text{Progressão Tríade},$
- $\text{Tríade} \rightarrow \text{Natural},$
- $\text{Tríade} \rightarrow \text{Acidentada},$
- $\text{Natural} \rightarrow A,$
- $\text{Natural} \rightarrow B,$
- $\text{Natural} \rightarrow C,$
- $\text{Natural} \rightarrow D,$
- $\text{Natural} \rightarrow E,$
- $\text{Natural} \rightarrow F,$
- $\text{Natural} \rightarrow G,$
- $\text{Acidentada} \rightarrow \text{Natural Acidente},$
- $\text{Acidente} \rightarrow \#,$
- $\text{Acidente} \rightarrow b,$

$$\}$$



A primeira regra de produção define um símbolo  $S^{32}$  inicial denominado Progressão, que pode ser uma Tríade ou uma Progressão seguida por uma Tríade, uma definição recursiva. Uma Tríade pode ser do tipo Natural ou do tipo Acidentada, a Tríade Natural é formada por um único símbolo terminal de A até G, a Tríade Acidentada é formada por uma Tríade Natural seguida de um Acidente, e um Acidente é formado por um único símbolo terminal suspenso ou bemol. Uma gramática G seria então definida a partir de uma quádrupla  $G = \{S, T, N, P\}$ , com a qual se definiria uma linguagem L gerada por esta gramática como  $L(G)$ , que em suma corresponde ao conjunto de sentenças formadas por símbolos terminais, derivadas do símbolo inicial.

A um tipo de gramática está associado um tipo de linguagem, como também a um modelo computacional mínimo para reconhecê-la, isto é, um reconhecedor é capaz de avaliar se uma dada entrada de símbolos terminais representa uma sentença válida para a gramática/linguagem em questão. Chomsky (1959, p. 143) define quatro tipos de gramáticas segundo suas restrições, estando as mais restritas contidas nas menos restritas, a Fig. 45 resume este conceito:

Figura 45 – Tipos de gramáticas, linguagens e reconhecedores.

Tipo	Gramáticas	Linguagens	Reconhecedor
0	Irrestritas	Enumeráveis Recursivamente	Máquina de Turing
1	Sensíveis ao Contexto	Sensíveis ao Contexto	Autômato Limitado Linearmente
2	Livres de Contexto	Livres de Contexto	Autômato com Pilha
3	Regulares	Regulares	Autômato Finito

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na prática, as gramáticas livre de contexto, embora apresentem certas restrições, são suficientes para a maior parte das análises computacionais nesta dissertação, portanto a partir daqui, o termo gramática irá se referir sempre às gramáticas livres de contexto categorizadas por Noam Chomsky como tipo 2.

Um texto de entrada para um gramática livre de contexto passa geralmente por três fases de análise, dividindo o trabalho entre três analisadores<sup>33</sup> que são: léxico, sintático e semântico.

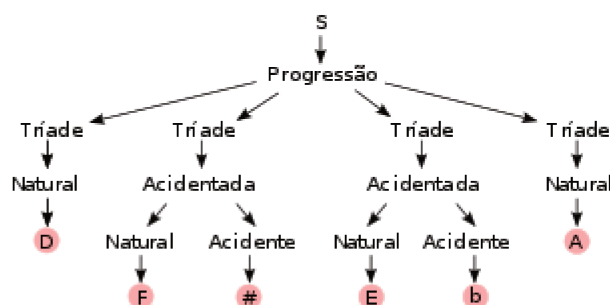
<sup>32</sup> Chomsky (1959, p. 140) Utiliza a letra S como símbolo inicial por se referir à palavra "sentença".

<sup>33</sup> No inglês, o termo usado para analisador é *parser*.

O analisador léxico tem a função de avaliar a entrada textual caracter a caracter e agrupá-los em uma sequência válida para a gramática, gerando um erro léxico caso receba um caractere inválido, esta sequência, segundo Kowaltowski (1983, p. 77), se representar um símbolo terminal da linguagem é chamada de átomo, ou no inglês: *token*. Por esta razão, o analisador léxico por vezes é chamado de tokenizador ou ainda de *scanner*, sua função é a de dividir a entrada em *tokens* e tipificá-los. Em nosso exemplo de uma gramática para tríades maiores, um token seria uma nota representada por uma letra de A até G, ou um acidente que poderia ser um bemol ou um sustenido, caso surgisse uma letra diferente, por exemplo se a entrada possuísse a palavra "Dó" em vez de "C", um erro léxico seria emitido, porém uma entrada contendo apenas sustenidos e bemóis seria perfeitamente aceita pelo analisador léxico.

A etapa seguinte é função do analisador sintático, os dados de entrada são os *tokens* da fase anterior gerados pelo analisador léxico, o analisador sintático irá combinando os *tokens* para formar sentenças com eles, de acordo com a gramática, a cada vez que uma combinação de *tokens* que está do lado direito de uma das regras de produção é detectada, ocorre o que se chama de derivação, e o conjunto de *tokens* será agrupado como o símbolo não terminal que está à esquerda na regra de produção. Testar se uma sentença é válida ou não para uma gramática é uma das funções do analisador sintático. Os grupos de *tokens* detectados serão armazenados em memória em uma estrutura denominada pilha, ou no inglês *stack*, e estes elementos armazenados, acrescentados das próximas entradas de *tokens* serão utilizados em novas e sucessivas derivações, até que finalmente se chegue ao símbolo inicial ou a um erro de sintaxe. A estrutura chegaria a um formato denominado árvore de derivação, que assumiria a representação lógica exibida na Fig. 46. Esta árvore de derivação considera a progressão de tríades maiores do exemplo como a entrada textual do processo.

Figura 46 – Árvore de derivação da progressão: D F# Eb A.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A última etapa seria o analisador semântico, onde o termo "semântica" não tem a conotação vulgar de um sinônimo direto de "sentido" ou "significado", por exemplo, esta linguagem de tríades maiores poderia estipular que a última tríade da progressão necessariamente deveria ser alguma das tríades anteriores da mesma progressão. Esta noção de "semântica" está relacionada em obedecer um determinado nível ou classe de regras das definições da gramática ou da linguagem, mas não tem propriamente um apelo do sentido.

Noam Chomsky discorre sobre esta questão:

Um grande esforço tem sido feito para tentar responder a pergunta: "Como você pode construir uma gramática sem o apelo do significado?". A questão em si, no entanto, é colocada erroneamente, uma vez que haveria uma implicação de que obviamente se pode construir uma gramática com apelo ao significado, que é totalmente infundada. Alguém poderia perguntar com a mesma justificativa: "Como você pode construir uma gramática sem o conhecimento da cor do cabelo dos falantes?". A questão que deveria ser colocada é: "Como você pode construir uma gramática?". Eu não estou habituado com nenhuma tentativa detalhada de desenvolver uma teoria sobre estrutura gramatical em termos parcialmente semânticos ou qualquer proposta específica e rigorosa de uso da informação semântica para construir ou avaliar gramáticas. (...) Há pouca evidência de que a "intuição sobre o significado" seja útil de verdade na investigação da forma linguística. Chomsky (2002, p. 93) (tradução nossa)

Muitas das soluções dos problemas desta pesquisa foram realizadas somente com um analisador léxico e alguns algoritmos para o restante da análise, restringindo quase que apenas ao âmbito das gramáticas e linguagens regulares o processamento das entradas textuais.