

Proposta e Implementação de um Tradutor de Partituras de Padrões Rítmicos para o Ensino de Instrumentos de Percussão

Rafael Bisogno

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil
rafaelbisogno@gmail.com

Rogério C. Turchetti

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil
turchetti@redes.ufsm.br

Guilherme Abel

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil
guilherme.abel@redes.ufsm.br

Leila Maria Araújo Santos

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil
leilamas@ctism.ufsm.br

ABSTRACT

Este trabalho apresenta a proposta de um *software* que realiza a tradução de uma partitura tradicional de um padrão rítmico para instrumentos de percussão em uma nova linguagem. A partir de um arquivo gerado por um editor de partituras no formato *MusicXML*, as *tags* necessárias para a tradução da partitura são analisadas, classificadas e armazenadas pelo *software*. O resultado final é um arquivo no formato *Hypertext Markup Language (HTML)* com a nova escrita musical e a possibilidade de audição do padrão gerado.

KEYWORDS

tecnologia assistiva, notação musical alternativa, *software*, tradução, *musicxml*, *html*

ACM Reference Format:

Rafael Bisogno, Guilherme Abel, Rogério C. Turchetti, and Leila Maria Araújo Santos. 2020. Proposta e Implementação de um Tradutor de Partituras de Padrões Rítmicos para o Ensino de Instrumentos de Percussão. In *Proceedings of ACM Conference (Conference'17)*. ACM, New York, NY, USA, 9 pages. <https://doi.org/10.1145/1122445.1122456>

1 INTRODUÇÃO

A música, como expressão artística, integra o conjunto das atividades culturais mais difundidas na humanidade. Juntamente com a linguagem, literatura e a matemática, a música é uma manifestação básica do ser humano [15]. Em especial, ela oferece oportunidade para o aprimoramento da comunicação, desenvolvimento da consciência social, aperfeiçoamento da coordenação motora, liberdade de expressão, entre outras. A música é um elemento essencial na vida humana, uma grande fonte de união do homem com seu interior, seus pares e com outras pessoas [6].

A Educação Musical abre para ao indivíduo o acesso à música enquanto arte, linguagem e conhecimentos. Ao compreender que a

música é uma linguagem, o indivíduo é capaz de trabalhar internamente seus conhecimentos musicais previamente adquiridos e se expressar, agora, porém, sob um novo contexto.

"A Educação Musical existe para auxiliar o indivíduo a alcançar esta compreensão da música enquanto linguagem" [23].

Para o desenvolvimento, manifestação e mesmo para a avaliação desta compreensão, o sujeito deve fazer o uso das modalidades do "fazer musical", conhecidas como execução, apreciação e composição [25].

O fazer musical depende de técnicas e metodologias capazes de reduzir a dificuldade no processo de ensino-aprendizagem de música – conhecido como um processo não trivial. A busca por novas práticas pedagógicas tem resultado no crescimento da utilização de tecnologias digitais como mediação e suporte de conteúdos e, consequentemente, promovido pesquisa e desenvolvimento de *softwares* educacionais [22]. As ferramentas tecnológicas podem alterar a maneira de conhecer e fazer música, atuando na mediação do conhecimento musical de professor (es) e aluno (s), modificando suas atividades dentro ou fora de sala de aula, para a criação de um ambiente favorável ao ensino-aprendizagem musical [3]. Porém, a utilização de *softwares* educacionais no contexto musical, nem sempre pode ser visto como uma ferramenta para a simplificação do método de ensino-aprendizagem. Por exemplo, há casos em que a própria ferramenta, devido a sua complexidade de utilização, acaba se tornando uma nova barreira.

Entretanto, o ensino da leitura e escrita musical esbarra em questões didáticas e metodológicas, pois exige do aluno um conhecimento prévio de música sem o qual, esse aprendizado se torna mais difícil. Para Della Torre (2018) [11], é inviável pensar o aprendizado da leitura e escrita musical sem conhecer o processo anterior, ou seja, os primeiros contatos direcionados com o fazer musical, que irão preparar o indivíduo para dominar esse novo sistema simbólico. A leitura e escrita é um processo de reconstrução que depende do conhecimento prévio e de estímulo que podem tornar o processo mais complexo [30] [Sloboda, 2007].

Na educação musical, a alfabetização serve como ferramenta inicial no processo de aprendizado, desenvolvendo a capacidade de decodificação das notações musicais e o domínio técnico do instrumento ou da voz, tendo esses quesitos priorizados durante o desenvolvimento do estudante [28]. Esse processo de iniciação do estudante de música passou a dividir espaço com o aparecimento de novas metodologias de alfabetização musical, que não se detinham

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.
Conference'17, July 2017, Washington, DC, USA

© 2020 Association for Computing Machinery.
ACM ISBN 978-x-xxxx-xxxx-x/YY/MM...\$15.00
<https://doi.org/10.1145/1122445.1122456>

exclusivamente na leitura de notações ou na forma recomendável de se tocar um instrumento, mas apresentavam a oportunidade de expandir as possibilidades de envolvimento do indivíduo com a música [26] (SWANWICK, 2014). Buscar formas alternativas é procurar a maneira mais adequada de oportunizar ao aluno a melhor maneira de compreender a leitura rítmica [10][Andrade et al, 2013]. Por exemplo, desenvolver habilidades como a percepção rítmica e auditiva na prática da leitura musical de uma maneira não convencional, são formas alternativas que podem facilitar no processo do entendimento musical, tendo a mesma intenção da escrita convencional.

Almeida[2], ao abordar as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) sugere que podemos usar uma tecnologia tanto na tentativa de simular a educação presencial com o uso de uma nova mídia, como para criar novas possibilidades de aprendizagem por meio da exploração das características inerentes às tecnologias empregadas. Neste sentido, deve-se atentar se estas características inerentes às tecnologias de informação estão sendo utilizadas para contemplar todas as eventuais deficiências que um indivíduo possa apresentar, ou seja, é fundamental que estas ferramentas possam ser utilizadas para a inclusão desses indivíduos e não sua exclusão. Por exemplo, a educação musical para deficientes visuais trabalha com a audição, com experiência musical a partir da exploração de movimento corporal, lateralidade, coordenação motora, ritmo e estimulação tátil [17]. Considerando a complexidade do processo de ensino-aprendizagem da música, utilizar uma metodologia alternativa que consiga facilitar este processo, é especialmente importante.

Com base no exposto, o presente trabalho tem por objetivo propor o uso de uma metodologia simples para auxiliar o processo de ensino da música, especificamente no contexto de instrumento de percussão, para indivíduos que pretendem iniciar seus estudos nesta área. Para atingir tal objetivo, um dos principais desafios da pesquisa é investigar e aplicar técnicas que possibilitem simplificar a linguagem padrão utilizada para a leitura de partituras musicais. Esta etapa é fundamental pois a tradução para um método de leitura simplificada possibilita facilitar o processo do ensino, podendo contemplar, inclusive, indivíduos portadores de alguma deficiência, onde a técnica de simplificação e do uso de sistemas computacionais podem trazer benefícios, atuando na percepção, na associação e na imaginação do indivíduo.

Em outras palavras, o trabalho investiga o ensino da leitura e escrita musical priorizando o fazer musical antes. Além disso, com a parceria do ensino teórico de leitura e escrita musical, é apresentada uma notação musical alternativa, chamada de Método Fernando do Ó. Criado pelo músico multi-instrumentista Fernando do Ó, este sistema de notação musical consiste na leitura e escrita de um padrão rítmico, originalmente criado para instrumentos de percussão, no qual não há a necessidade do sujeito ter conhecimentos prévios de teoria musical para conseguir ler e escrever música, bastando apenas compreender como são grafadas as notas e como é realizada a leitura. Vale ressaltar também que o presente trabalho descreve e apresenta, de forma inédita, o Método Fernando do Ó.

O trabalho também propõe a implementação de uma ferramenta digital denominada de *simple music LEGO* (smLEGO), que traduz uma partitura tradicional de padrões rítmicos para instrumentos de percussão para o método Fernando do Ó. Antes de iniciar a tradução, o programa recebe como parâmetro um documento de

texto, indicado pelo usuário, no formato musicXML¹. A ferramenta gera um arquivo no formato HTML com os dados da partitura e a notação musical alternativa, podendo assim, ser visualizada e executada através de um *player* disponível na própria ferramenta. Outra importante funcionalidade da smLEGO é a possibilidade de transformar a notação musical em um sistema tátil, similar a peças de lego. A ferramenta gera como resultado um arquivo que pode ser impresso em impressoras 3D. Estas peças são denominadas de *musicLEGO*. Com o uso das *musicLEGO*, as peças podem ser combinadas de maneira a permitir, facilmente, a leitura da notação musical. Com isso, pode-se considerar que a ferramenta proposta é inclusiva, no sentido de permitir a inclusão de deficientes visuais no aprendizado de instrumentos de percussão, podendo também, pela atividade lúdica e simplicidade, ser um atrativo ao público infantil. Um protótipo da smLEGO foi implementado e a ferramenta é testada com base em questões que medem a robustez, portabilidade e interface de utilização.

O restante do trabalho está estruturado da seguinte forma. A seção 2 trata do levantamento bibliográfico realizado afim de conhecer melhor os assuntos acerca das Linguagens de Marcação e Programação, os Princípios Fundamentais da Música e o Método Fernando do Ó de notação musical. Na seção 3, são abordadas as características e recursos referentes à programação, incluindo a metodologia de desenvolvimento, o projeto de *software*, implementação e funcionamento e a interface gráfica. A seção 4 apresenta os resultados e discussões relacionados a validação da ferramenta proposta e a seção 5 aborda as possibilidades de implementação de funcionalidades para fins educacionais utilizando uma impressora 3D para a criação de objetos. Por fim, a seção 6 encerra o trabalho com as considerações finais seguido das referências bibliográficas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção é realizado um levantamento bibliográfico dos principais assuntos abordados no presente trabalho. Na Seção 2.1, são abordados os princípios básicos e fundamentais da música. Na Seção 2.2, são apresentadas informações sobre o “Método Fernando do Ó”, obtidas diretamente com o autor. Por fim, são contempladas as linguagens de marcação e programação utilizadas para o desenvolvimento do smLEGO (Seção 2.3).

2.1 Princípios Fundamentais da Música

Para entender melhor o propósito deste trabalho, é importante entrarmos nos conceitos fundamentais da música. Como se sabe, a música é uma mistura harmoniosa de sons. Os princípios fundamentais da música como a conhecemos hoje são: ritmo, melodia e harmonia [12]. O ritmo é o movimento dos sons regulados pela sua maior ou menor duração. A melodia consiste na sucessão dos sons, formando um sentido musical. A harmonia é a execução de vários sons ouvidos ao mesmo tempo, observadas as leis que regem os agrupamentos dos sons simultâneos. A altura, que é a diferença entre sons graves e agudos e o timbre, que é a qualidade que permite distinguir um som do outro, são variações nas características do som [18].

¹Formato de arquivo de notação musical aberto baseado em XML [https://www.musicxml.com/]

A nota é um monossílabo que designa o elemento mínimo de um som. É um sinal gráfico na forma oval que representa seu valor e a altura. O valor indica a duração relativa do som e do silêncio e a altura do som da nota é determinada pela vibração. Para representá-los são necessárias apenas sete notas: DÓ – RÉ – MI – FÁ – SOL – LÁ – SI, com respectivas letras correspondentes a cada nota: C – D – E – F – G – A – B [18].

O pentagrama, ou a pauta musical é a base sobre a qual as notas são grafadas. “Pauta é a reunião de cinco linhas horizontais, paralelas e equidistantes, formando entre si quatro espaços. São nas linhas e nos espaços da pauta que se escrevem as notas” [20]. O nome da nota no pentagrama é determinado pela clave (em latim, “chave”), que é um sinal colocado no início do pentagrama. Cada clave dá seu nome à nota escrita em sua linha [20].

O valor da nota indica a duração relativa do som e do silêncio. O tempo, é um fator primordial na música e, por tanto, iremos tratar dele, neste artigo, em praticamente todos os momentos. “O valor das notas, que é o tempo de duração de uma nota em relação à outra, é dado pelo formato e configuração da nota” [4]. Por exemplo, a semibreve é a figura de maior duração, portanto é tomada como unidade de divisão proporcional dos valores. Ela é a única figura que compreende todas as demais e se divide em notas de menor valor.

A Figura 1 apresenta os tipos de notas e seu tempo. A primeira nota após a semibreve é a mínima, seu valor é a metade da semibreve. Logo após vem a semínima, que vale a metade da mínima. Na sequência está a colcheia, que vale a metade da semínima. A semicolcheia vale a metade da colcheia. A fusa vale a metade da semicolcheia e a semifusa vale a metade da fusa. Para cada tipo de nota há um sinal correspondente chamado de pausa. Ela é o tempo de silêncio equivalente ao valor da nota [4].



Figure 1: Tipos de Nota.

A tradução destas notas para qualquer outra representação musical, deve levar em conta o tempo conforme descrito nesta seção. Desta forma, o método que será apresentado a seguir, considera todos estes tempos para a sincronização.

2.2 Método Fernando do Ó de Notação Musical

A notação musical é uma ferramenta de registro e comunicação das imagens sonoras. É um código onde o compositor codifica a música em um sistema, conforme regras pré-estabelecidas, e o interprete, conhecendo essas regras, é capaz de decodificar os sinais e reproduzir a informação original. [31]. O método alternativo de escrita

musical desenvolvido pelo músico percussionista Fernando do Ó, nasce da necessidade em registrar os padrões rítmicos utilizados, inicialmente, em instrumentos de percussão.

Nascido na cidade de Santa Maria-RS e atualmente radicado em Porto Alegre-RS, Do Ó já atuou em vários projetos musicais e com grandes nomes da música brasileira, como Djalma Corrêa, Ivan Lins, Adriana Calcanhoto, Orquestra de Eduardo Laje que acompanha Roberto Carlos em suas apresentações, entre outros. Por meio de contatos com o autor do referido método, foram obtidas informações fundamentais sobre a formatação gráfica e o funcionamento prático do sistema. Embora se saiba que, informalmente, o método inventado pelo Do Ó é utilizado por alguns músicos e professores de música, vale ressaltar que o método jamais foi publicado e, portanto, uma descrição sucinta será apresentada na sequência.

Tendo como pilar central o tempo da música, a notação musical é escrita em duas linhas e em colunas. O número de colunas varia de acordo com o número de tempos por ciclo. A linha inferior é Tempo da música e a superior o ContraTempo – representados na Figura 2 por T e CT respectivamente. Dá-se o nome de contratempo às notas executadas em tempo fraco ou na parte fraca do tempo. Tanto a leitura quanto a escrita, ocorrem da seguinte forma: a nota pode ser um sinal (um círculo, por exemplo), que pode ser tocada (círculo preenchido) ou não tocada (círculo vazio). A primeira nota escrita será na segunda linha da primeira coluna, a segunda nota na primeira linha da segunda coluna, a terceira nota na segunda linha da segunda coluna, e assim sucessivamente num movimento diagonal de baixo para cima, da direita para a esquerda e um movimento reto de cima para baixo, como ilustro na Figura 2.

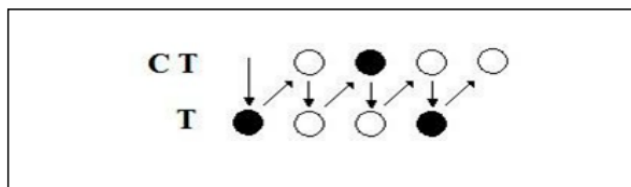


Figure 2: Funcionamento da escrita do método Fernando do Ó.

Falando a grosso modo, o processo de leitura da escrita musical é similar ao “zigzag” de uma máquina de costura ou do quicar de uma bola de basquete por um atleta caminhando.

Além da leitura e escrita musical poder ser realizada diretamente por meio do Método Fernando do Ó, é possível realizar a tradução de uma partitura tradicional simples, onde estão escritas somente os tipos de notas semínimas e colcheias, para o sistema de notação proposto, substituindo cada semínima, tocada ou não, por dois espaços na sequência em que é escrita a notação alternativa, e uma colcheia, tocada ou não, por um espaço. O processo inverso de tradução também é possível. Partindo da escrita através do Método Fernando do Ó, cada sinal grafado é acrescido de uma haste, e as notas que estão grafadas no contratempo da música, ou seja, na linha superior, recebe além de uma haste, um colchete. No caso de haver uma nota grafada no tempo e outra no contratempo, o colchete da nota do contratempo se liga a nota do tempo. Se não houver nenhuma nota grafada no tempo e houver uma nota no

contratempo, será escrita uma pausa de colcheia no tempo e se não houver nenhuma nota nem no tempo e nem no contratempo, será escrita uma pausa de semínima.

Por ser uma notação musical alternativa, as adaptações podem ser feitas de acordo com a necessidade do músico ou aprendiz, alternando a nota por qualquer outro sinal, inclusive pelo nome de uma nota musical.

As descrições apresentadas aqui foram realizadas com base na entrevista presencial realizada com o próprio autor. Prossegue Do Ó sobre seu método, “torna-se mais prático tocar o que está marcado, ouvir o som e sentir o que está tocando, o movimento é simples e pode ser observado tanto na horizontal como na vertical”.

2.3 Linguagens de Marcação e Programação

Nesta seção é realizada uma descrição do padrão MusicXML utilizado pelo smLEGO. O MusicXML é um padrão de notação musical em XML (*eXtensible Markup Language*), criado para permitir que usuários de diferentes aplicações e ferramentas de edição de partituras possam trocar arquivos de música. Foi desenvolvido pela Recordare LCC, uma empresa que fornece softwares e serviços para a comunidade musical [7]. O MusicXML serve como um formato de intercâmbio para aplicações em notação musical [1]. Esse formato suporta aplicações de análise, recolhimento de informação e execução. Porém, não substitui os formatos especializados para aplicações individuais, como o *Musical Instrument Digital Interface* (MIDI).

Baseado no formato MusicXML, é possível ter um tradutor de notação musical universal sem que haja perda de informação durante o processo de troca de arquivos entre diversos editores de partituras. A Figura 3 ilustra as diferentes maneiras que o MusicXML pode ser utilizado.

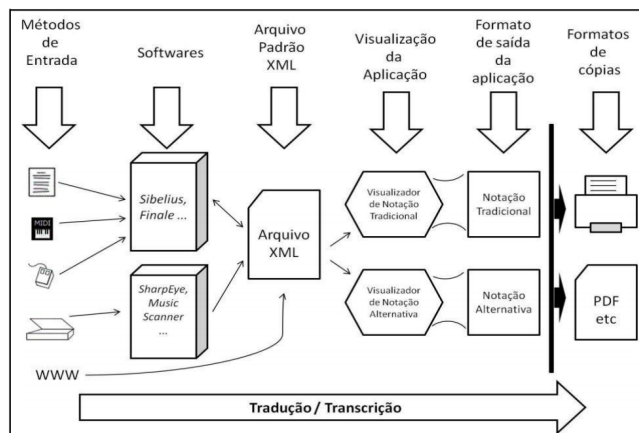


Figure 3: Exemplo de utilização do MusicXML.

Considerando que o MusicXML é um padrão amplamente utilizado, a aplicação deste formato permite a tradução de um grande número de músicas disponíveis para o método do Fernando do Ó, a ser realizada através da ferramenta proposta neste artigo e descrita na próxima seção.

O *software* também faz uso da linguagem de marcação *HyperText Markup Language* (HTML), a qual pode ser entendida como um

modelo de marcação análogo ao XML, pois, define a sintaxe e alocação de direções especiais, que não são mostradas pelo navegador, mas que administram a forma que os textos, imagens e variados arquivos de mídia são mostrados [5]. É um dos pilares da programação *web*, visto que é utilizada na construção de *sites*, devido a estas características.

No que tange a programação, fez-se uso da linguagem Java, a qual foi desenvolvida na *Sun Microsystems*, com o objetivo de ser independente da máquina e ao mesmo tempo segura e poderosa [8]. O grande diferencial da linguagem é que seu código é compilado em um formato universal, que é então interpretado pela máquina virtual do Java (*Java Virtual Machine*) [8]. Isso possibilita sua execução em qualquer dispositivo que seja capaz de rodar a JVM.

Além disso, trata-se de uma linguagem orientada à objetos, o que significa que todos os componentes a serem trabalhados são definidos como objetos os quais possuem atributos e métodos. Na Programação Orientada a Objetos, ou OOP (*Object Oriented Programming*), ocorre a modelagem de objetos e suas respectivas interações, dentro de um espaço com determinado problema [9]. OOP é uma forma de pensar acerca de resolução de problemas e um método de construção e organização de *software* [21].

Nos dias de hoje, a OOP tornou-se um paradigma *mainstream* amplamente utilizado na resolução de problemas e desenvolvimento de programas, com áreas de aplicação variadas, desde construção de compiladores até a elaboração de sistemas operacionais [21].

As linguagens supracitadas possuem uma característica comum bastante importante: são multiplataforma. Isso significa que o usuário será capaz de utilizar o formato de notação musical MusicXML, ver resultados em um arquivo HTML, enquanto o programa opera através da linguagem Java - a partir de diferentes dispositivos e sistemas.

Dessa forma, justifica-se o uso da linguagem de programação Java e suas bibliotecas durante o desenvolvimento do sistema, e da aplicação dos formatos de marcação MusicXML e HTML para trabalhar com a entrada e saída de dados.

3 CARACTERÍSTICAS E RECURSOS IMPLEMENTADOS NA SMLEGO

smLEGO tem por objetivo oferecer, através de uma ferramenta pedagógica, uma metodologia simples para auxiliar o processo de ensino da música. A ferramenta é responsável pela tradução de música com partitura tradicional para a notação musical alternativa utilizada neste trabalho. Portanto, a presente seção busca abordar questões relacionadas à programação e desenvolvimento das funcionalidades do *software* em si, além de elucidar detalhes acerca da implementação e as devidas justificativas para a escolha dos componentes presentes no sistema.

3.1 Metodologia de Desenvolvimento do smLEGO

No que tange a metodologia de desenvolvimento de *software*, utilizou-se neste trabalho o Desenvolvimento Guiado por Funcionalidade (FDD), sendo este um modelo incremental e iterativo que suporta as necessidades prioritárias do projeto [16]. Sua estrutura está dividida em duas fases, sendo projeto - onde compreende-se a análise de requisitos, documentação dos procedimentos e planejamento

por funcionalidade - e implementação, etapa de construção por funcionalidades.

No que tange a programação, fez-se uso da linguagem Java, com o objetivo de ser portátil. O usuário será capaz de utilizar o formato de notação musical MusicXML, ver resultados em um arquivo de saída no formato HTML ou no formato de impressão 3D, enquanto o programa opera a partir de diferentes dispositivos e sistemas.

3.2 Projeto de Software

A partir da análise de requisitos foram identificadas e mapeadas as atividades necessárias para a construção do software. As classes são os blocos fundamentais da ferramenta smLEGO a serem detalhadas nesta seção, juntamente com seus métodos, variáveis, código de inicialização e até mesmo outras classes.

Sumariamente, pode-se descrever a organização de classes do programa smLEGO em três grupos distintos: controle de interface – onde são definidas as propriedades da interface gráfica gerada para o usuário; gerência de tradução – que trata da análise, entrada e saída de dados; e o controle de som – onde são gerados os efeitos sonoros para o metrônomo (detalhado ainda nesta seção) e melodias das partituras.

Na Figura 4 é apresentado o Diagrama de Classes contemplando as funcionalidades do sistema, bem como a definição de atributos referentes ao desenvolvimento do mesmo. As classes que formam os componentes do software *simple music LEGO* são: App, Metronome, MusicXML, Note, Output, Parser, Player, Tag e ViewController.

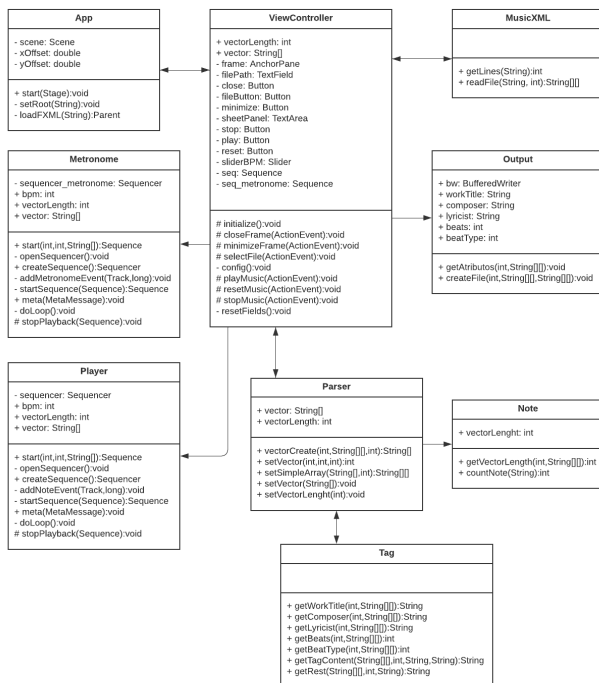


Figure 4: Diagrama de Classes do simple music LEGO.

Considerando o Diagrama de Classes apresentado na Figura 4, há a classe App que é a responsável pela criação da interface gráfica do software, enquanto a classe ViewController é responsável por gerenciar a interface em tempo de execução, fazendo a chamada dos métodos de tradução da partitura original, apresentação da partitura simplificada e execução sonora do padrão rítmico traduzido.

Na classe MusicXML estão os métodos para a leitura e armazenamento do arquivo importado. A classe Note possui métodos para determinar e configurar os elementos necessários, de acordo com a duração de cada nota, para a tradução da partitura. Na classe Parser ocorre a tradução propriamente dita: os métodos buscam as *tags* do arquivo MusicXML para a tradução da música, criando uma matriz com todos os elementos modificados. A classe Tag, por sua vez, é responsável por realizar as buscas das *tags* dentro da matriz criada a partir do arquivo importado.

Realizada a tradução, a classe Output se encarrega de gerar o resultado do padrão musical criado, buscando os atributos na matriz gerada que foi criada a partir do arquivo MusicXML. A classe Player, por fim, cria uma sequência cíclica do padrão rítmico traduzido, que pode ser ouvido pelo estudante e, também, obtido como base para comparação entre o que o aluno está tocando e o que realmente deveria tocar.

Descrevendo Principais Métodos e Funcionamento

Nesta etapa, o sistema é codificado a partir do projeto de software, em que se torna possível a geração da ferramenta *simple music LEGO*. O método *"readFile"* da classe MusicXML realiza a leitura do arquivo original no formato MusicXML e faz a criação da matriz que servirá como base para a tradução no formato simplificado. Na Classe Note, há métodos responsáveis pela tradução da partitura. O método *"getVectorLength"* percorre toda matriz base buscando pela *tag* *"<type>"*. Quando a *tag* é encontrada, o método *"countNote"* classifica a nota de acordo com a duração da mesma.

O método *"setVector"*, da classe Parser, recebe como parâmetro o índice do vetor criado anteriormente, o valor inteiro referente ao tipo da nota e outro valor inteiro respectivo a presença ou ausência de pausa. Ainda na classe Parser, o método *"setSimpleArray"* configura a matriz de saída denominada *"outArray"* com os dados armazenados no vetor.

Com a matriz de saída armazenada, é gerado o arquivo de saída no formato HTML pelo método *"createFile"* da classe Output. As *tags* que contêm os principais atributos da partitura como Título, Compositor e Letrista são obtidos por meio do método *"getAtributos"*. O título da partitura tradicional dá o nome para o arquivo de saída. Com a partitura traduzida, a classe Player é a responsável por implementar o reproduzidor sonoro do padrão rítmico, enquanto a classe Metronome é responsável pela reprodução do metrônomo.

3.3 Interface Gráfica

Uma tela bem desenhada deve refletir as necessidades e capacidades dos usuários, operando em conformidade com limitações impostas pelo *hardware* que é mostrada e pelo *software* que a controla. [14]. O entendimento desses parâmetros proporciona uma base para a melhoria na amostragem de informações para o usuário.

Buscando refletir as necessidades e capacidades dos usuários de forma a tornar a ferramenta mais agradável visualmente e mais fácil de utilizar, foi estendida para a aplicação a biblioteca JavaFX ². Essa biblioteca contempla diversos objetos, como botões, painéis, campos de texto, além de ter uma implementação mais favorável a organização do código em si, o que torna o programa bastante modular e proporciona mais agilidade em possíveis modificações, além de permitir a implementação de programas responsivos, que se adaptam a diferentes resoluções de tela. JavaFX também é *open-source*, ou seja, seu código-fonte é aberto à comunidade, que se faz bastante ativa, contribuindo para a biblioteca ao compartilhar conhecimentos. [29]

Grande parte dos desenvolvedores que utilizam a biblioteca fazem uso de ferramentas do tipo WYSIWYG,³ devido à praticidade gerada durante o processo de desenvolvimento de interfaces[29]. No decorrer do projeto, foi utilizado o Scene Builder⁴ para tal finalidade.

Na Figura 5, pode-se observar a interface gráfica da ferramenta smLEGO em execução.



Figure 5: Interface do programa, mostrando o padrão rítmico.

3.4 Sistema para Impressão de Objetos 3D

Esta seção trata da possibilidade da implementação de funcionalidades utilizando objetos 3D para uma nova forma de escrita e leitura

²<https://openjfx.io/>

³What You See Is What You Get, ou "O que você vê é o que você obtém"

⁴<https://gluonhq.com/products/scene-builder/>

do método utilizado. O principal objetivo é criar um sistema que possa ser utilizado por alunos portadores de deficiência visual.

Neste sentido, inicialmente se pensou na utilização do método Braille para gerar um resultado passível de ser utilizado por este público alvo. Porém, com base na literatura [27], foram identificadas diversas dificuldades que acompanham os sistemas que utilizam este método. Por exemplo, a impressão exige dispositivos especializados que além de serem escassos são exponencialmente caros.

Outro problema latente é a tradução para o método "Fernando do Ó". Por exemplo, seria necessário fazer inúmeros ajustes no método para adaptar a leitura da escrita em Braille. Esse processo resultaria na criação de um novo padrão para gerar sinais que pudessem ser impressos e interpretados pelos alunos. Além disso, os usuários precisariam aprender a linguagem Braille para que fosse possível tirar total proveito da ferramenta, mas são poucos os deficientes visuais que sabem a linguagem.[24]

No caso da utilização de objetos desenvolvidos em 3D, além de contornar problemas citados nos parágrafos anteriores, ele possibilita novas abordagens, tal como a combinação dos objetos para gerar a tradução da música de maneira lúdica. Além disso, acredita-se que ao eliminar a necessidade do usuário conhecer e interpretar Braille, é criado um facilitador no quesito usabilidade.

A Figura 6 apresenta a execução da saída de um projeto com objetos 3D. Inicialmente, o usuário entra com um arquivo de partitura no formato MusicXML, e, a partir disso, o programa faz a tradução para o método Fernando do Ó, juntamente com a visualização em tela e reprodução da melodia. Além disso, um projeto de objetos 3D pode ser gerado. Atualmente, este projeto é estático, ou seja, é necessário manter o padrão de tamanho original dos objetos que serão impressos e utilizados para fins educacionais.

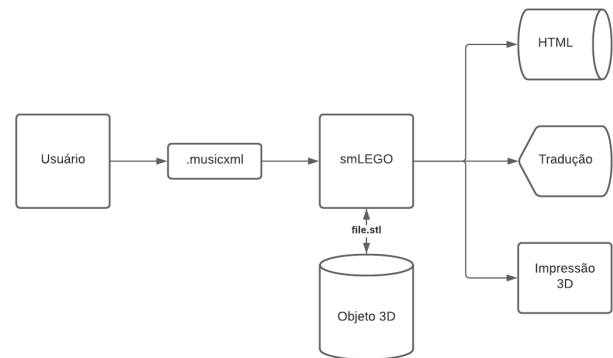


Figure 6: Diagrama de uso Simple MusicXML.

Pensando nisso, originou-se a ideia de possibilitar a conversão da tradução audiovisual gerada no *software*, em blocos no estilo Lego, para um formato de impressão 3D, que podem então ser utilizados e montados num tabuleiro. Estes objetos são denominados de MusicLEGO e são descritos a seguir.

3.5 MusicLEGO

Como já explanado neste trabalho, um dos objetivos do smLEGO é oferecer uma ferramenta didática que seja inclusiva. Dessa forma,

foi concebida a ideia do MusicLEGO, como representado no projeto da Figura 7. A partir de uma partitura simplificada gerada pelo *simple music LEGO*, são então exportados objetos 3D referentes às peças necessárias para formar a melodia da partitura. Há disponível no smLEGO, um projeto para cada estilo de bloco, ao imprimir todos os estilos de MusicLEGO em impressora 3D, o professor tem a possibilidade de utilizá-los para a sua montagem em um tabuleiro (Figura 7), de forma a combinar qualquer tipo de partitura que tem sido traduzida para o padrão "Fernando do Ó".

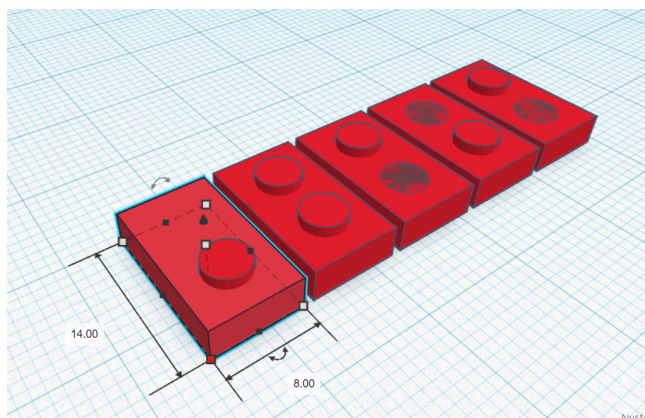


Figure 7: Modelagem 3d das peças a serem utilizadas.

Note que este sistema apresenta vantagens, uma vez que se pode expandir o processo de ensino-aprendizagem para um sistema tátil, o qual, em conjunto do programa e tecnologias de impressão 3D, podem ser de grande valia nas metodologias de ensino da música, em especial para portadores de deficiências visuais. Além disso, por ser um sistema lúdico, vemos grandes vantagens para sua aplicação no público infantil.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como forma de validação do trabalho, optou-se por construir um cenário de validação a partir de um exemplo que traduz um padrão rítmico muito utilizado na música cubana, a "Son Clave". Dentro desse contexto, o Musescore 2 [19] foi a ferramenta utilizada para gerar a partitura tradicional/original do padrão rítmico.

O próximo passo no processo da validação da proposta é exportar o padrão rítmico, do editor de partituras, para o formato MusicXML. A partir do arquivo original gerado, a ferramenta *simple music LEGO* importa e realiza a tradução do padrão rítmico tradicional (que está no formato MusicXML) exibindo para o aluno o padrão rítmico traduzido para o "Método Fernando do Ó". Além disso, o usuário também pode ouvir o padrão rítmico gerado, adicionando o BPM (Batidas Por Minuto) desejado. Simultaneamente a essa etapa, é gerado um arquivo no formato HTML que apresenta o padrão rítmico gerado (Figura 8).

A smLEGO, como ferramenta didática, traz uma nova perspectiva no processo de ensino-aprendizagem de música. Nesse viés, é fundamental que os educadores e estudantes saibam reconhecer e avaliar características importantes nestes materiais que podem atestar ou não sua qualidade [13].

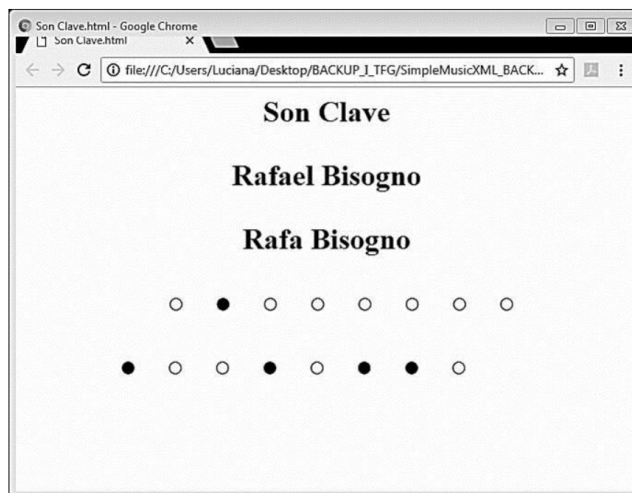


Figure 8: Arquivo no formato HTML contendo o padrão rítmico.

A fim de testar suas funcionalidades, eficiência e confiabilidade, foram avaliados os aspectos técnicos do software, seguindo diretrizes para avaliação de objetos de aprendizagem [13]. A Tabela 1 apresenta oito questões que indicam as qualidades relativas à robustez (questões 1 e 2), portabilidade (questões 3 e 4), e interface (questões 5, 6, 7 e 8). Estes atributos são de extrema importância no processo de avaliação deste software como objeto de aprendizagem. Os atributos são avaliados como binários, ou seja, eles estão (SIM) ou não (NÃO) presentes na ferramenta.

Considerando os resultados da Tabela 1, percebe-se que a ferramenta pode beneficiar-se da adição de funcionalidades no contexto de fontes. O programa demonstrou cumprir com os objetivos propostos, em especial a tradução da partitura pode ser analisada, classificada e armazenada pelo software.

O processo de avaliação utilizada neste trabalho, apesar de ainda precisar ser melhor implementado, é de suma importância na identificação de suas qualidades como instrumento pedagógico. A ferramenta apresenta ter influência positiva no aspecto da usabilidade quanto em sua eficiência como facilitador nos processos de aprendizagem (tradução da partitura).

Vale ressaltar que os aspectos técnicos avaliados neste trabalho seguem as diretrizes para avaliação de objetos de aprendizagem proposta por Reategui et al. [13]. Vale ressaltar também que a ferramenta proposta encontra-se em fase de desenvolvimento. Neste sentido, ainda pretende-se adicionar novas funcionalidades tanto no aspecto de usabilidade, quanto no aspecto pedagógico.

5 CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento deste trabalho, foi oportunizado o contato com o criador de uma nova metodologia de escrita e notação musical, o músico Fernando do Ó. Essa escrita visa facilitar o aprendizado de música, não havendo a necessidade de conhecer a teoria musical para desenvolver alguma habilidade. Com isso, foi criada uma ferramenta, Simple MusicXML, para realizar a tradução de uma partitura tradicional para essa escrita simplificada.

Table 1: Questões relacionadas a robustez, portabilidade e interface.

	Questões	SIM	NÃO
1)	O programa é isento de erros?		X
2)	No caso de problemas inesperados, o programa continua sua execução?	X	
3)	O programa pode ser executado em computadores com configurações diversas?	X	
4)	O programa pode ser utilizado em computadores com diferentes sistemas operacionais?	X	
5)	Há contraste suficiente entre fontes e fundo de tela, facilitando a leitura?	X	
6)	As fontes utilizadas apresentam tamanho adequado ou permitem que sejam aumentadas ou diminuídas?		X
7)	Há consistência visual na apresentação das informações (título, formatação, texto)?	X	
8)	O objeto de aprendizagem emprega recursos gráficos que melhoram o aspecto gráfico?	X	

Para entender como é feita a leitura/escrita de uma partitura tradicional, foi realizado o estudo sobre os princípios básicos e fundamentais da música. A partir desse ponto, o trabalho estabeleceu, por meio de linguagens computacionais, um elo entre a pauta musical e o esquema simplificado do “Método Fernando do Ó”.

O MusicXML mostrou ser um formato capaz de realizar a integração entre diversos editores de partituras. Além disso, por ser um arquivo no padrão XML, consegue representar a notação musical para qualquer instrumento mantendo suas características naturais.

Este trabalho, por sua vez, despertou a motivação de aprofundar o estudo sobre o desenvolvimento de ferramentas e métodos que auxiliem na educação musical, a fim de atingir um número maior de pessoas envolvidas com a música, sejam elas estudantes, educadores ou profissionais.

Além disso, a partir da análise de trajetórias futuras, percebe-se como a aplicação abre possibilidades de integração entre âmbitos bastante relevantes para com os processos de ensino-aprendizagem.

Por fim, ciente de que a ferramenta carece de uma avaliação prática, tanto na visão docente quando na visão discente, pode-se concluir que a ferramenta possui potencial para, futuramente, contemplar com todos os aspectos técnicos e pedagógicos. Na versão avaliada neste trabalho, pode-se concluir também que o protótipo consegue, de maneira robusta, realizar traduções de partituras de padrões rítmicos para instrumentos de percussão de forma otimizada.

REFERENCES

- [1] 2001. *MusicXML: An Internet-Friendly Format for Sheet Music*. Proceedings of XML 2001 International Conference, Orlando, USA.
- [2] Maria Elizabeth Bianconcini de Almeida. 2003. Educação a distância na internet: Abordagens e contribuições nos ambientes digitais de aprendizagem. *Educação e Pesquisa* 29 (12 2003), 327 – 340. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022003000200010&nrm=iso
- [3] Gerson Rios Leme; Cláudia Ribeiro Bellochio. 2007. Professores de escolas de música: um estudo sobre a utilização de tecnologias. *Revista da ABEM* 17 (Sept. 2007), 87–96.
- [4] Roy Bennett. 1984. *Elementos Básicos da Música*. Jorge Zahar Editor.
- [5] Chuck Musciano Bill Kennedy. 1998. *HTML: The Definitive Guide* (3 ed.). O'Reilly Media. <http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=f54e2a1379fd829e85a38e22f1db004c>
- [6] Lincoln F.O. Castro; Esterlla Bohadana. 2011. *Educação musical e o ouvir crítico na Internet*. Universidade Estácio de Sá. Programa de Pós-Graduação em Educação.
- [7] Fernando Quattrin Campagnolo. 2009. *O uso de MusicXML em instrumentos de percussão: Bateria*. Centro Universitário Franciscano.
- [8] Marc Loy Daniel Leuck, Patrick Niemeyer. 2020. *Learning Java - An Introduction to Real-World Programming with Java* (5 ed.). O'Reilly. <http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=10DB96A2B25D0B75D65858322A442748>
- [9] Swarnalatha Ashok Danny Poo, Derek Kiong. 2007. *Object-Oriented Programming and Java* (2nd ed.). Springer. <http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=8ce7cc6eba54031538123e9ce5decfd4>
- [10] Cicera Maria de Sousa Andrade; Mariane Coradini; Jorge Mauricio da Silva; Maria Luiza Feres do Amaral. 2013. Ritmando as palavras: associando sílabas às figuras musicais com alunos do ensino fundamental. *Redevisi - Revista de Divulgação Interdisciplinar do Núcleo das Licenciaturas* (2013).
- [11] Ana Lia Della Torre. 2018. *Iniciação à leitura e escrita musical na escola: uma perspectiva histórico-cultural*. Master's thesis. UNICAMP.
- [12] Henrique A. Dourado. 2004. *Dicionário de termos e expressões da música*.
- [13] Eliseu Reategui; Elisa Boff; Mateus D. Finco. Dez. 2010. *Proposta de Diretrizes para Avaliação de Objetos de Aprendizagem Considerando Aspectos Pedagógicos e Técnicos*. V.8 N°3.
- [14] Wilbert O. Galitz. 2007. *The essential guide to user interface design: an introduction to GUI design principles and techniques* (3 ed.). Wiley. <http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=5c85a0662fbb0e5852591e939fb39f6f>
- [15] Susanne Katherina Knauth Langer. 1957. Problems of art. (1957).
- [16] Leandromtr. [n.d.]. Metodologia Ágil FDD. Blog. <http://www.leandromtr.com/gestao/metodologia-agil-fdd/> Acessado em Dezembro de 2020.
- [17] W.R. McCann. 2009. Braille, el hombre y su código musical. *Revista El Educador* 21, 2 (2009), 27–30.
- [18] Bohumil Med. 2001. *Teoria da Música*.
- [19] Muscorescore. [n.d.]. Formato de arquivos. Blog. <https://musescore.org/pt-br/manual-pt-br/formato-de-arquivos> Acessado em Dezembro de 2020.
- [20] Maria L. Priolli. 2007. *Princípios básicos da música para a juventude*. Casa Oliveira demúsicas LTDA.
- [21] Lewis J. Pinson Richard Wiener. 2000. *Fundamentals of OOP and data structures in Java*. Cambridge University Press. <http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=245be0eb84a9f1f90e93ba36022b958c>
- [22] Guilherme Santin. 2020. *Tecnologia digital na educação [recurso eletrônico]: a visão dos professores sobre a aplicabilidade de softwares como mediadores do processo de ensino de música*. Master's thesis. Universidade de Caxias do Sul.
- [23] Ana Carolina Nunes do Couto; Israel Rodrigues Souza Santos. 2009. Por que vamos ensinar música na escola? Reflexões sobre conceitos, funções e valores da educação musical escolar. *Opus* 15, 1 (June 2009), 110–125.
- [24] SuperInteressante. 2016. *Mais de 90% de deficientes visuais não sabem ler braille nos EUA*. Acesso em: 19/02/2021.
- [25] Cecília Cavalieri França; Keith Swanwick. 2002. Composição, apreciação e performance na educação musical: teoria, pesquisa e prática. *Em pauta* 13, 21 (2002).
- [26] Keith Swanwick. 2003. *Ensinando música musicalmente*. Moderna. <https://books.google.com.br/books?id=EvaaAAAACAAJ>
- [27] UOL. 2019. *Braille: especialistas dizem que há avanços, mas ainda muito trabalho*. Acesso em: 19/02/2021.
- [28] Tadeu Aparecido Malaquias; Alboni Marisa Dudeque Pianovski Vieira. 2016. A alfabetização musical e os paradigmas educacionais. *Revista Reflexão e Ação* 24, 1 (2016), 329–347.
- [29] Johan Vos, Stephen Chin, Weiqi Gao, James Weaver, and Dean Iverson. 2018. *Pro JavaFX 9: A Definitive Guide to Building Desktop, Mobile, and Embedded*

Java Clients (4th ed. ed.). Apress. <http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=63afdbc33ccaf5f6ff76f5729ec1418d>

- [30] John A. Sloboda; Andreas C. Lehmann; Robert H. Woody. 2011. *Psychology for Musicians: Understanding and Acquiring the Skills*. Oxford Scholarship Online.
- [31] Edson S. Zampronha. 1998. *Notação, representação e composição: Um novo paradigma da escritura musical*. Master's thesis. PUC /SP.