

Icarus: Aplicativo para Transcrição de Partituras utilizando MIDI

Daniilo Xavier Silva¹, Gustavo Bartz Guedes¹

¹Campus Hortolândia – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) 13183-250 – Hortolândia – SP – Brasil

daniiloxavier97@gmail.com, gubartz@ifsp.edu.br

Abstract. *Music is a complex art that can be very difficult for beginners; however, with the advent of technology evolution, there are several ways to make it more comfortable nowadays. One of the difficulties faced by beginners is to read and write musical scores. Observing this difficulty, this paper focused on the development of an Android application for transcription and reproduction of scores aiming the increasing of music possibilities. The application was developed using the incremental development model and uses the Midi Sheet Music library to process the Musical Instrument Digital Interface (MIDI) in musical data processing and storage functions.*

Resumo. *A música é uma arte complexa que pode ser muito difícil para os iniciantes, porém com o advento da evolução das tecnologias, atualmente existem diversos meios para tornar o aprendizado mais cômodo. Uma das dificuldades encontradas pelos iniciantes é ler e escrever partituras musicais. Observando essa dificuldade, neste trabalho foi criado um aplicativo Android para a transcrição e reprodução de partituras visando o aumento das possibilidades musicais. O aplicativo foi desenvolvido no modelo de desenvolvimento incremental e utiliza a biblioteca Midi Sheet Music para o processamento da Interface Digital para Instrumentos Musicais (MIDI) em funções de processamento e armazenamento dos dados musicais.*

1. Introdução

Desde a invenção dos instrumentos musicais mais rudimentares, como a flauta de aproximadamente 42 mil anos encontrada na Alemanha [BBC 2012], até os atuais instrumentos de alta precisão e tecnologia, a música está presente em nosso cotidiano, seja por meio de recreação, manifestações sociais ou forma de expressar sentimentos.

Devido ao alto crescimento da utilização dos *smartphones*, chegando ao número de 234,6 milhões de conexões no Brasil de acordo com a Folha de São Paulo (2017), músicos ou interessados em aprender a tocar um instrumento musical têm maior acesso a recursos, podendo acessar conteúdos de inúmeros instrumentos por meio da internet e aplicativos.

Uma partitura é uma forma de escrita que representa por meios de símbolos as notas musicais, que se associam a sons [West 2005], como pode ser visto um exemplo na Figura 1.



Figura 1. Partitura musical com as notas naturais

Fonte: Elaborado pelo autor.

Geralmente músicos têm grande vontade de escrever suas próprias obras, porém, devido à grande complexidade na escrita da partitura, tendem a priorizar a melodia, sequência de notas coerentes, e negligenciar a escrita ou utilizam de outros meios de representação de notas, como instrumentos de cordas que oferecem mais de uma estrutura de representação. A criação de um aplicativo que seja capaz de auxiliar enquanto o músico toca seu instrumento, possibilita ao artista uma alternativa mais simples do que *softwares* de criação para computadores *desktop* e o método do papel e caneta, torna o processo eficiente e incentiva iniciantes a criarem e compartilharem suas próprias obras.

O desenvolvimento deste aplicativo teve como motivação facilitar a criação de partituras musicais e facilitar o aprendizado de músicos, com foco nos que utilizam outros métodos de representação musical. Por ter maior abrangência, chegando em 78,8% dos usuários segundo Woods e Meulen (2016), a escolha de um aplicativo Android foi definida, possibilitando a utilização para o maior número de usuários. Os objetivos do aplicativo são descritos a seguir:

1. Transcrever partituras;
2. Abrir partituras salvas no dispositivo;
3. Reproduzir áudio simultaneamente com a partitura;
4. Alterar velocidade de reprodução;
5. Salvar partitura como imagem.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte maneira: a seção 2 apresenta a fundamentação teórica dos conceitos abordados neste trabalho, o capítulo 3 descreve a metodologia utilizada, o capítulo 4 apresenta o desenvolvimento do trabalho e no capítulo 5 são apresentadas as conclusões finais e sugestões de trabalhos futuros.

2. Fundamentação Teórica

Nesta seção, são apresentados os referenciais teóricos para o desenvolvimento deste trabalho. No início é apresentada uma introdução da plataforma de desenvolvimento Android, depois serão definidos os conceitos básicos de computação musical e por fim a metodologia de desenvolvimento incremental de *softwares* e a linguagem de programação utilizada.

2.1 Android

Android é um sistema operacional, desenvolvido pela Google, baseado no Linux sob licença de código aberto, utilizado em dispositivos móveis como *smartphones*, *tablets* e relógios de pulso.

De acordo com Deitel et al.(2015), “uma vantagem de desenvolver aplicativos Android é a franqueza (ou grau de abertura) da plataforma”. Os autores destacam que o consórcio de empresas Open Handset Alliance (OHA), criado com a finalidade de desenvolver o Android, impulsionou “a inovação na tecnologia móvel, melhorando a experiência do usuário e reduzindo custos”. De acordo com o site da OHA (2019), atualmente a aliança é composta por 84 empresas.

2.2 Computação Musical

A Computação Musical (CM) é uma área de pesquisa em ciência da computação que estuda meios para se solucionar problemas musicais em aplicações computacionais [Miletto et al. 2004]. Investiga algoritmos, métodos e técnicas para processamento, geração, armazenamento de dados e representações digitais de áudio. Um dos algoritmos estudados

pela CM é a Interface Digital para Instrumentos Musicais (MIDI) devido sua facilidade de uso e implementação de bibliotecas Java.

MIDI é um padrão inventado em 1982 que permite a comunicação de um ou mais instrumentos musicais eletrônicos com computadores.

MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*) especifica um esquema de interconexão física e um método de comunicação lógica que possibilitam o controle de instrumentos musicais em tempo real. [Silva 1999]

Cada arquivo MIDI é um conjunto de pequenas coordenadas que definem início, fim, tempo e amplitude de cada nota que são transmitidas para computadores, instrumentos musicais ou sintetizadores, como pode ser visto na Tabela 1. Segundo a MIDI Manufacturers Association (2009), cada coordenada é uma sequência de *bytes* que segue uma estrutura baseada nas teclas de um teclado. Por exemplo, uma coordenada determina que uma nota soe durante alguns segundos. Isto é comparativo à uma tecla de teclado ser acionada durante alguns segundos e ser solta.

Tabela 1. Estrutura do arquivo MIDI

Byte de coordenada	Byte de dados	Byte de dados
1001 0100	00111100	01111111
Início / Canal 5 (0-15)	60 = Dó médio (0-127)	Tempo (0-127)

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3 Desenvolvimento Incremental

Segundo Sommerville (2011), o modelo de desenvolvimento iterativo e incremental é baseado em uma implementação inicial passando por versões subsequentes até que um sistema adequado seja alcançado, proporcionando que a versão seja avaliada pelo usuário ao final de cada interação.

Ainda é destacado que “[...] a especificação, desenho, implementação, integração e teste são realizados em paralelo com a atividade de desenvolvimento, e que a prototipagem da interface do usuário e o desenvolvimento compõem um processo iterativo” [Sommerville 2011].

2.4 Linguagem de Programação Java

A linguagem de programação Java foi a linguagem oficial para desenvolvimento de aplicativos Android até 2017. É uma linguagem orientada a objetos que tem grande número de bibliotecas que ajudam no desenvolvimento rápido de aplicativos [Deitel et al. 2015].

Contudo, outras características que fizeram o Java se destacar fazem com que a linguagem seja a ideal para o desenvolvimento deste aplicativo como portabilidade, facilidade de aprendizado, fácil depuração e bibliotecas nativas de tratamento MIDI [Costalonga 2005].

3. Metodologia

Nesta seção é apresentada a metodologia utilizada no trabalho. A primeira fase foi a elaboração do questionário para confirmar a viabilidade do projeto e servir como base para definição dos requisitos do aplicativo. A segunda parte foi a avaliação do aplicativo Sheet Music e extração de bibliotecas necessárias para a transcrição das partituras.

3.1 Questionário

Foi criado um formulário com a finalidade de gerar dados quantitativos e qualitativos para o levantamento de requisitos do aplicativo. As subseções a seguir mostram o resultado da pesquisa feita. O formulário com questões abertas obteve resposta de dezoito pessoas anônimas, músicos não profissionais e não músicos, com idade entre 18 e 30 anos. Abaixo estão dispostas as questões aplicadas:

1. Você toca algum instrumento?
2. Qual instrumento?
3. Toca há quanto tempo?
4. Você sabe ler partitura?
5. Você já usou algum aplicativo para auxiliar enquanto toca esse instrumento?
6. Se sim, qual aplicativo?
7. Quais foram os pontos positivos e negativos desse aplicativo?
8. Qual tipo de Smartphone você utiliza?
9. Você acha interessante um aplicativo que escrevesse a partitura automaticamente enquanto uma música toca?
10. Na sua opinião, quais pontos deste aplicativo são imprescindíveis para sua utilização?
11. Quais os pontos que levariam a não utilização?

3.1.1 Perfil musical dos respondentes

A pergunta 1 aborda diretamente o perfil dos respondentes do formulário, que mostra que mais de 60% dos usuários tocam algum instrumento, conforme pode ser visto na Figura 2.

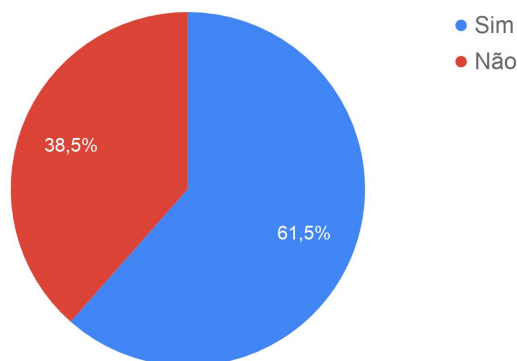


Figura 2. Gráfico de setor com respostas da pergunta "Você toca algum instrumento?"

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na pergunta 2, foi possível observar que a maioria dos entrevistados, dentre os que tocavam algum instrumento, tocavam violão ou guitarra representado na Figura 3.

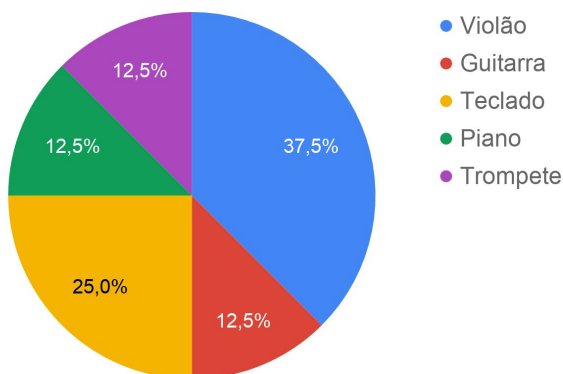


Figura 3. Gráfico de setor com respostas da pergunta “Qual instrumento?”
Fonte: Elaborado pelo autor.

Além disso, foi observado que os entrevistados que tocam violão ou guitarra tem menos tempo de experiência que os que tocam outros instrumentos, conforme pode ser visto na Figura 4.

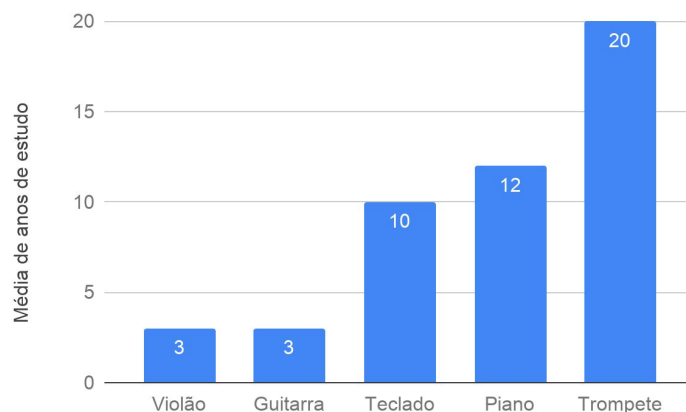


Figura 4. Gráfico de barras com as respostas da pergunta “Toca há quanto tempo?”
Fonte: Elaborado pelo autor.

A pergunta 4 mostrou que entre os respondentes que tocam algum instrumento, apenas 44,4% sabem ler partitura, conforme Figura 5.

A partir disto é possível observar que os usuários procuram meios alternativos de aprender a tocar como cifras, notação para representação dos nomes dos acordes e tablatura que é uma forma de notação musical que mostra as posições dos dedos em instrumentos de corda como violão, guitarra e baixo.

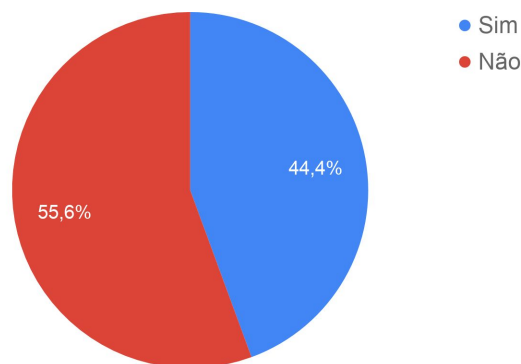


Figura 5. Gráfico de setor com respostas da pergunta “Você sabe ler partitura?”
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na pergunta 5 constatou-se que apenas um terço dos usuários fazem uso de aplicativos, conforme Figura 6. Na pergunta 6 foi respondido que os aplicativos mais usados são Guitar Pro e Cifra Club, que fazem uso de cifras e tablaturas.

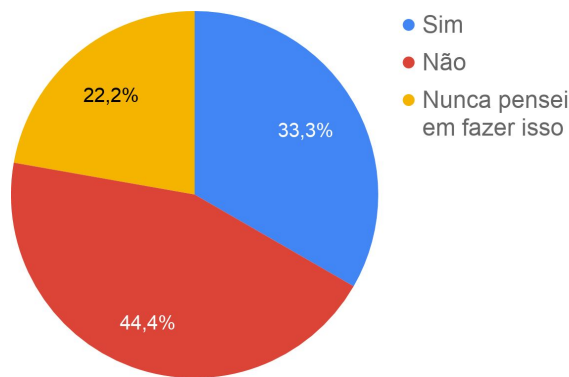


Figura 6. Gráfico de setor com respostas da pergunta “Você já usou algum aplicativo para auxiliar enquanto toca esse instrumento?”

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na pergunta 7, entre os pontos positivos dos aplicativos em questão foi mencionado a facilidade de aprender e assim aumentar as habilidades. Por outro lado, nos pontos negativos foi abordado o excesso de anúncios, como pode ser visto na seguinte resposta “[...] pontos negativos é que ele é muito simples e a quantidade de propagandas”.

Na pergunta 8 em todos os casos foi observado o uso de *smartphones* Android, conforme apresentado na Figura 7.

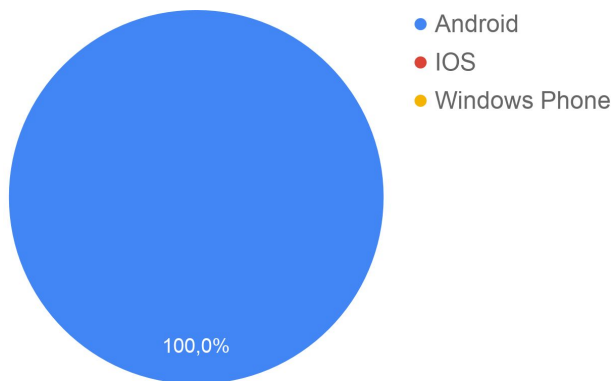


Figura 7. Gráfico de setor com respostas da pergunta “Qual tipo de Smartphone você utiliza?”

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.2 Requisitos do aplicativo

As próximas perguntas realizadas no formulário foram utilizadas para definir os requisitos do aplicativo.

Na pergunta 9, conforme pode ser visto na Figura 8, foi questionado a relevância de se fazer um aplicativo que gerasse partituras automaticamente enquanto se toca. A maioria acha interessante.

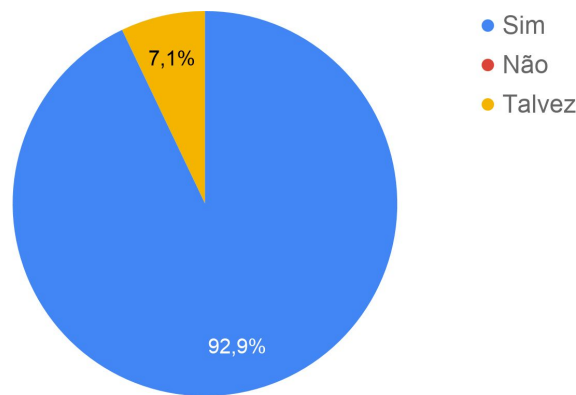


Figura 8. Gráfico de setor com respostas da pergunta pergunta “Você acha interessante um aplicativo que escrevesse a partitura automaticamente enquanto uma música toca?”

Fonte: Elaborado pelo autor.

A pergunta 10 questionou os pontos positivos que poderiam ser abordados para o aplicativo ter maior aceitação. Os pontos principais foram o desempenho em gerar as partituras corretamente e rapidamente, ter uma interface compreensível ao usuário, capacidade para vários instrumentos e interação com outras ferramentas como afinador, metrônomo e compartilhamento. A resposta que melhor representa as demais foi: “Deveria acertar exatamente as notas, ter uma interface de usuário (UI) amigável, sugerir outras combinações de instrumentos”.

Na pergunta 11, ao contrário da anterior, levantou-se os pontos negativos que deveriam ser evitados na elaboração do aplicativo. A maioria dos questionados não gostariam de ter anúncios no aplicativo ou que o mesmo ocupasse muito armazenamento. A resposta que melhor expressa as demais foi: “Anúncios. Sei que é importante, ainda mais se o app for gratuito, mas que não seja abusivo, de forma a atrapalhar a atividade do aplicativo em elaborar as partituras”.

3.2 Aplicativos correlatos

Como foi visto anteriormente, alguns usuários fazem uso de dois aplicativos existentes no mercado, Cifra Club e Guitar Pro. Diante disso, foi realizado um comparativo com as funcionalidades para que os requisitos pudessem atender de melhor maneira o usuário. Os requisitos dos aplicativos foram dispostos na Tabela 2, visando a comparação das funcionalidades entre esses e o aplicativo desenvolvido.

Tabela 2. Comparativo dos aplicativos

Requisitos	Cifra Club	Guitar Pro	Icarus
Funcionais			
Reproduzir arquivo MIDI	✗	✗	✓
Abrir arquivos externos	✗	✓	✓
Apresentar tablatura	✓	✓	✗
Apresentar partitura	✗	✓	✓
Alterar velocidade de reprodução	✗	✓	✓
Salvar partitura externamente	✗	✓	✓
Não Funcionais			
Acesso offline	✗	✓	✓
Gratuito	✓	✗	✓

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando a tabela é possível observar que o aplicativo deste trabalho atende a maioria dos requisitos já encontrados nos demais aplicativos. Além disso, foi observado que o aplicativo Guitar Pro, que mais se enquadra nas funcionalidades levantadas, não é gratuito e faz uso de um formato de arquivo proprietário que apenas é usado pelo mesmo aplicativo, diminuindo a flexibilidade do usuário em compartilhar suas partituras.

3.3 Avaliação do Aplicativo Midi Sheet Music

Para o desenvolvimento do aplicativo, foi estudado e definido a utilização da biblioteca interna do aplicativo Midi Sheet Music por ter uma grande quantidade de funcionalidades prontas que se enquadraram nos requisitos de apresentar partitura e reproduzir arquivos MIDI. As classes internas foram adicionadas em um módulo a parte do aplicativo desenvolvido para que pudesse ser feita a comunicação de ambos os aplicativos sem nenhuma inconsistência.

4. Desenvolvimento

Esta seção aborda o desenvolvimento do aplicativo Icarus.

Foi utilizado o modelo de Desenvolvimento Incremental, utilizando de ciclos com revisões e incrementos independentes que possam ser desenvolvidas e avaliadas à medida que são concluídas.

Com base nos questionários foram definidos a plataforma Android e a linguagem de programação Java, no qual foi usado bibliotecas nativas para o processamento de áudio da interface MIDI. Para a escrita da partitura foi utilizado o *software* Midi Sheet Music como biblioteca, aplicativo livre sobre a licença GNU (2018) que reproduz e gera notação musical de arquivos MIDI, disponível no site Sourceforge (2013). Além disso, o questionário foi utilizado na elaboração dos requisitos do aplicativo, que estão representados no diagrama de caso de uso da Figura 9. As ações que o usuário pode realizar estão brevemente descritas a seguir:

1. Transcrever partitura: transcrever arquivo MIDI em partitura e exibir;
2. Reproduzir arquivo: reproduzir música de qualquer arquivo MIDI;
3. Abrir arquivos externos: abrir arquivos MIDI nos armazenamento interno e externo do *smartphone* para a reprodução e escrita da partitura musical;
4. Alterar velocidade de reprodução: diminuir ou aumentar a velocidade da reprodução;
5. Salvar partitura externamente: salvar partitura como imagem no *smartphone*;

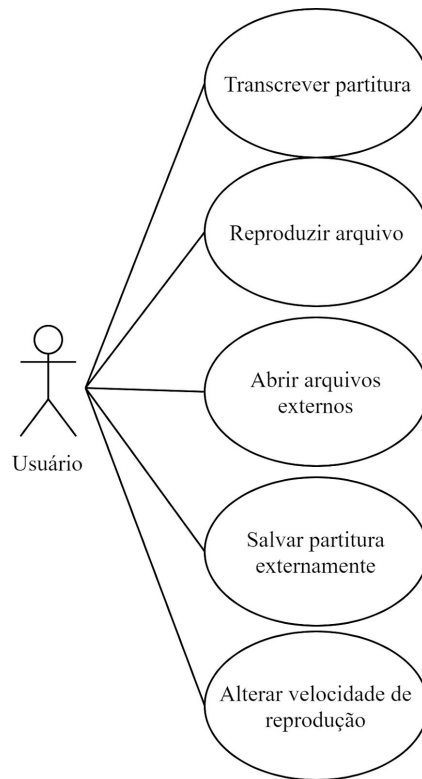


Figura 9. Casos de uso do aplicativo

A partir dos requisitos foram definidos cinco incrementos para o desenvolvimento do aplicativo que estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3. Incrementos do aplicativo

Incremento	Caso de Uso
Incremento 1	Reproduzir arquivo MIDI
Incremento 2	Abrir arquivos externos
Incremento 3	Apresentar partitura
Incremento 4	Alterar velocidade de reprodução
Incremento 5	Salvar partitura externamente

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após serem definidos os incrementos e a utilização da biblioteca interna do aplicativo MIDI Sheet Music, foi definido o fluxo de comunicação do aplicativo, que está descrito abaixo e pode ser visto na Figura 10.

1. Abre um arquivo MIDI, pré disponibilizado pelo aplicativo ou busca um arquivo externo;
2. O arquivo é enviado para biblioteca Music Sheet Music em que é convertido em bytes para ser lido bit a bit pela classe MIDI Sheet;
3. A classe MIDI Sheet analisa cada mensagem no arquivo, como notas e tempos de duração e converte na partitura;
4. O arquivo MIDI é passado para classe MIDI Player, que é capaz de reproduzir este tipo de arquivo, para sincronizar a reprodução com a partitura, para que a cada nota soada possa ser acompanhada na notação musical;
5. A tela que contém a partitura e o reprodutor é apresentada ao usuário;

6. Usuário escolhe entre reproduzir o arquivo, salvar externamente em formato de imagem, retornar à tela anterior ou encerrar o aplicativo.

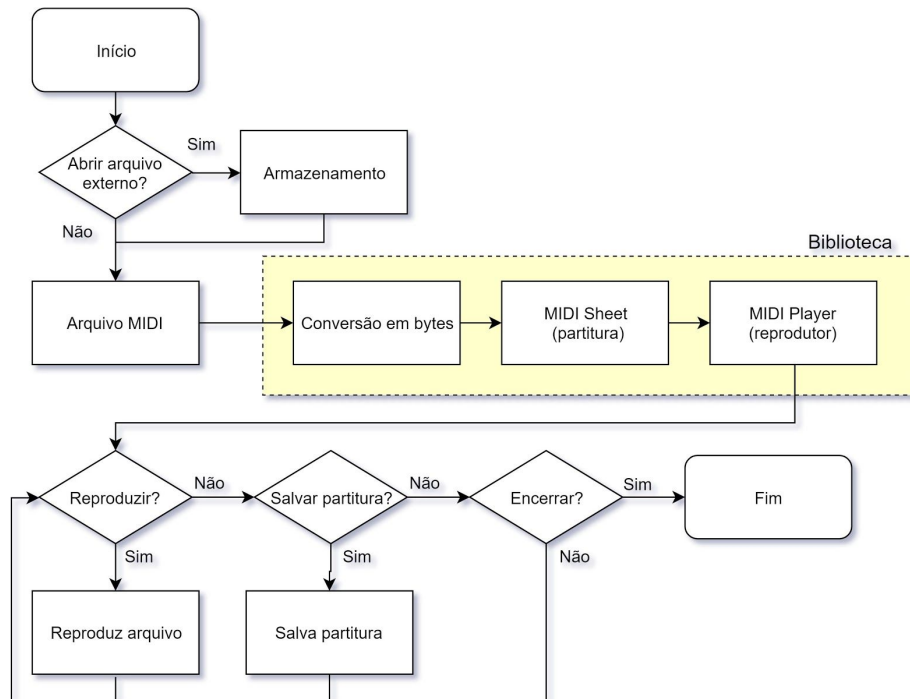


Figura 10. Fluxograma do aplicativo

4.1 Incremento 1

No Incremento 1 foi utilizado a classe Media Player, nativa do Java, para o desenvolvimento do caso de uso “Reproduzir arquivo MIDI”, representado na Figura 11 que mostra a tela inicial em que o usuário pode selecionar os arquivos para a reprodução. Neste incremento o usuário tem a possibilidade de reproduzir apenas arquivos MIDI que já se encontram pré adicionados no aplicativo.

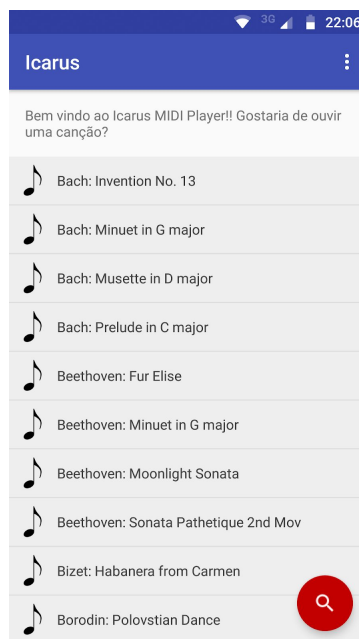


Figura 11. Tela inicial do aplicativo

4.2 Incremento 2

No Incremento 2 foi desenvolvida a funcionalidade de reproduzir arquivos que estejam no armazenamento interno ou externo do dispositivo.

Ao pressionar o botão direito inferior esquerdo da tela inicial, o usuário é redirecionado para uma tela padrão do Android em que pode selecionar arquivos recentes, acesso de arquivos no armazenamento local e arquivos em aplicativos de armazenamento. Para este incremento o aplicativo implementa o provedor de documentos nativo do Android, como pode ser visto na Figura 12.

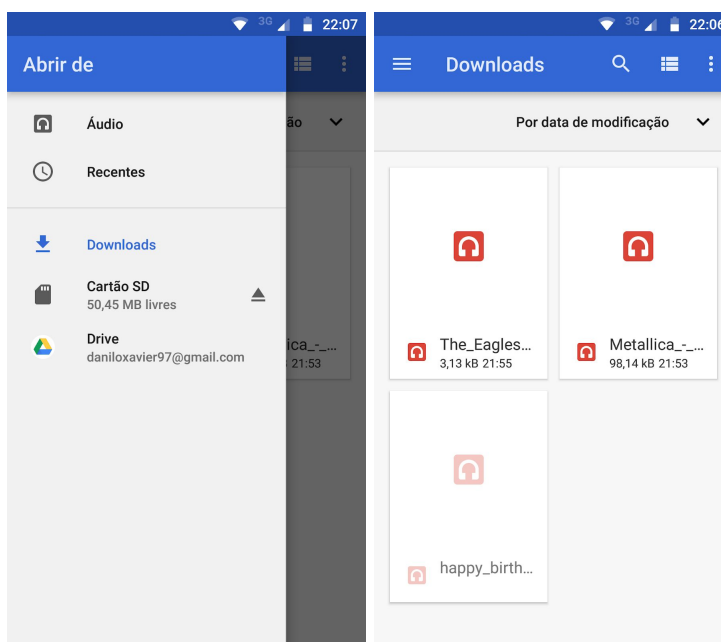


Figura 12. Provedor de conteúdo Android

4.3 Incremento 3 e Incremento 4

No Incremento 3 foi desenvolvida a conversão do arquivo MIDI em notação musical. O usuário seleciona um arquivo na tela inicial do aplicativo ou qualquer arquivo MIDI pelo botão de busca e é redirecionado à tela de reprodução (Figura 13).

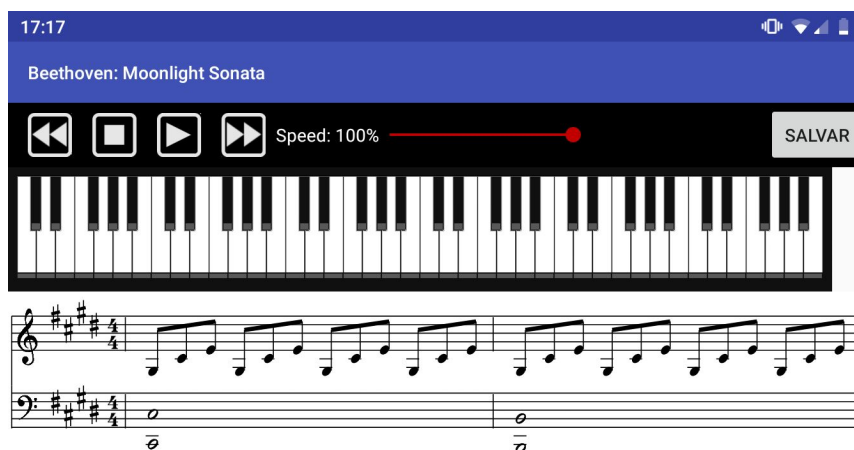


Figura 13. Exemplo de partitura na tela de reprodução

A partir deste incremento a classe Media Player, abordada no Incremento 1, foi descartada e substituída pela classe MIDI Player da biblioteca Midi Sheet Music por ser mais

flexível e sincronizar nota a nota a reprodução com a partitura, permitindo que o usuário acompanhe a melodia e as notas apresentadas. Por isso, foi realizada a refatoração do código para que as entradas de arquivos fossem adequadas ao formato exigido pela classe MIDI Player.

O Incremento 4 permite a alteração da velocidade da reprodução do arquivo e acompanhamento da partitura para que houvesse uma forma mais didática de acompanhamento. Porém, a funcionalidade fornecida pela classe MIDI Player se encontrava antiga em alguns pontos. Por isso, foi necessário a refatoração para que se pudesse alterar a velocidade de reprodução conforme seja alterado a Seek Bar na parte superior da tela de reprodução(Figura 13).

4.4 Incremento 5

No Incremento 5 foi implementada a funcionalidade de salvar externamente a partitura com formato de imagem. Ao pressionar o botão o usuário é questionado se deseja salvar o arquivo no armazenamento e as imagens são salvas no diretório padrão de imagens.

A classe MIDI Sheet divide a partitura em páginas, que seria um Bitmap de 840 x 1090 pixels, e desenha página a página por meio da classe nativa Canvas. Para cada página gerada é salvo uma imagem em formato PNG no armazenamento interno do *smartphone*.

5. Conclusão

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um aplicativo no sistema operacional Android que tinha como objetivo criar uma alternativa aos aplicativos de música com o intuito de auxiliar no aprendizado de leitura e elaboração de partituras. Visando isso foi estudado maneiras de processamento de áudio e definido o MIDI como material de estudo.

Para o desenvolvimento foi realizado um questionário que fez o levantamento de requisitos e comparou os aplicativos já usados pelos usuários. Dos requisitos foram definidos cinco incrementos para a elaboração do aplicativo. O aplicativo conseguiu implementar as funcionalidades que permitem que o usuário reproduza um arquivo MIDI, altere sua velocidade de reprodução, gere a partitura e salve externamente.

O conhecimento em desenvolvimento para aplicativos móveis, que é um grande diferencial no mercado atual, foi imprescindível para o desenvolvimento do trabalho, assim como os conhecimentos técnicos e musicais adquiridos com a utilização das bibliotecas do aplicativo Midi Sheet Music. Outros conhecimentos das matérias de Engenharia de Software e Linguagem de Programação, como levantamento de requisitos e programação orientada a objetos, também foram de grande importância para a conclusão do trabalho.

Finalizando, recomenda-se para trabalhos futuros avaliação da utilização da ferramenta por músicos, a incorporação de novas funcionalidades como criação de partituras a partir de entradas de arquivos de música em formato MP3 e a criação de um aplicativo que comunique-se com instrumentos, que suportem MIDI, para transcrever a partitura em tempo real.

Referências

BBC (2012). *Earliest music instruments found*. Disponível em:
<<https://www.bbc.com/news/science-environment-18196349>>. Acesso em 30 de mar. de 2019.

- Costalonga, L. L., et al. (2005). *Bibliotecas Java Aplicadas à Computação Musical*. Disponível em: <<http://compmus.ime.usp.br/sbcm/2005/papers/tech-12452.pdf>>. Acesso em 17 jun. 2018.
- Deitel, P.; Deitel, H.; Deitel, A. (2015). *Android: como programar*. Bookman, 2ª edição.
- Folha De São Paulo (2017). *Brasil lidera número de smartphones conectados na América Latina*. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2017/09/1917782-brasil-lidera-numero-de-smart-phones-conectados-na-america-latina.shtml>>. Acesso em: 15 abr. 2018.
- GNU (2018). Licenças. Disponível em: <<https://www.gnu.org/licenses/licenses.pt-br.html>>. Acesso em: 05 mar. 2019.
- MIDI Manufacturers Association (2009). *An Introduction to MIDI*. Disponível em: <https://www.midi.org/images/easyblog_articles/43/intromidi.pdf>. Acesso em 07 mar. 2019.
- Miletto, E. M. et al. (2004). *Introdução à Computação Musical*. Disponível em: <http://www.evandromanara.net/files/UFRGS/Mini-cursoIntrodCM_CBC2004.pdf>. Acesso em 17 jun. 2018.
- Open Handset Alliance (OHA). *Alliance Members*. Disponível em: <https://www.openhandsetalliance.com/oha_members.html>. Acesso em 05 mar. 2019.
- Silva, P. R. P. da (1999). *Um Lego Rítmico*. Disponível em: <<http://www.di.ufpe.br/~tg/1999-1/prps.doc>>. Acesso em 17 jun. 2018.
- Sommerville, I (2001). *Engenharia de software*. Pearson Prentisse Hall, 9ª edição.
- Sourceforge (2013). *Midi Sheet Music*. Disponível em: <<https://sourceforge.net/projects/midisheetmusic/>>. Acesso em 05 mar. 2019.
- West, M. L. (2005). *The Transmission of Greek Music*. Disponível em: <<https://revista.classica.org.br/classica/article/view/391/331>>. Acesso em 30 mar. 2019.
- Woods, V.; Meulen, R (2016). *Worldwide smartphone sales grew 3.9 percent in first quarter of 2016*. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/3323017>>. Acesso em: 15 abr. 2018.