

Transcrição e harmonização de melodias musicais usando redes neurais

Transcription and harmonization of musical melodies using neural networks

RESUMO

Lucas Francesco Piccioni Costa
lucos@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Daniel Cavalcanti Jeronymo
danielc@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Sendo música a arte de combinar diferentes sons sucessiva e simultaneamente, entende-se por harmonia a união de notas musicais com objetivo de servir de acompanhamento para determinada melodia, que consiste da execução sequencial de notas individuais. Não obstante, elaborar harmonias para melodias não é uma tarefa simples; faz-se necessário conhecimento específico na área de teoria musical, além de considerável experiência. Dessa forma, um sistema capaz de harmonizar automaticamente melodias de música é benéfico, podendo servir de auxílio a estudantes e amadores musicistas. Tentativas vêm sendo realizadas para solucionar o problema de harmonização automática, várias vezes com aplicação de métodos de inteligência computacional, como otimização estocástica bioinspirada ou Redes Neurais Artificiais. Neste projeto, foi concebida uma ferramenta capaz de harmonizar uma melodia predefinida aplicando técnicas de Redes Neurais. Para tanto, uma melodia em áudio, em som de piano, é processada em dados musicais simbólicos usando uma rede neural. Esses dados servem de entrada para outra rede treinada com harmonizações de um banco de dados, que gera a harmonia. A saída é um novo arquivo em notação simbólica, contendo melodia e harmonia. O sistema demonstrou resultados razoáveis. Pôde-se concluir que é possível a transcrição e harmonização de melodias automaticamente.

PALAVRAS-CHAVE: Harmonização Automática. Redes Neurais. Processamento de Áudio. Teoria Musical.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

Since music is the art of combining different sounds in succession and simultaneously, harmony is understood as the union of musical notes with the purpose of accompanying a particular melody, which consists of sequential execution of individual notes. Nevertheless, making harmonies for melodies is not a simple task; specific knowledge in the field of music theory is required, as well as considerable experience. Thus, a system that can automatically harmonize music melodies is beneficial and can help students and amateur musicians. Attempts have been made to solve the problem of automatic matching, often with the application of computational intelligence methods such as bioinspired stochastic optimization or Artificial Neural Networks. In this project, a tool was designed to harmonize a predefined melody by applying Neural Networks techniques. To this end, an audio melody with piano sound is processed into symbolic musical data using a neural network. This data serves as input to another network trained with harmonizations from a database, generating the harmony. The output is a new file in symbolic notation containing melody and harmony. The system has shown reasonable results. It can be concluded that automatic transcription and harmonization of melodies is possible.

KEYWORDS: Automatic Harmonization. Neural networks. Audio Processing. Music Theory.

INTRODUÇÃO

Uma melodia musical nada mais é que um arranjo sequencial de notas musicais elaborada com intenções artísticas, sendo um elemento indispensável na composição de uma obra completa. É comum em uma obra musical adicionar uma harmonia que seja condizente com a melodia selecionada, agindo como acompanhamento ou moldura (GUEST, 2010).

Não obstante, construir a harmonia que servirá de acompanhamento para uma melodia é um trabalho que requer experiência em assuntos de música, envolvendo conhecimento aprofundado sobre teoria musical, mais especificamente sobre teoria de harmonia (CHEDIAK, 1986). Nesse sentido, diversas tentativas de solução automatizada vêm sendo realizadas, com algoritmos frequentemente focados em métodos evolutivos usualmente ligados a Algoritmos Genéticos (FREITAS; GUIMARÃES; RUELA, 2011), ou Redes Neurais Artificiais (LIU; YANG, 2018).

Neste trabalho, propõe-se construir uma ferramenta para a harmonização de uma melodia, usando técnicas de inteligência artificial. Tendo por entrada uma melodia em áudio com sons de piano, é feita a transcrição para um formato de notação musical usando uma Rede Neural Artificial (RNA), para viabilizar posterior processamento. Outra RNA treinada a partir de exemplos reais de harmonias existentes em um banco de dados gera uma harmonia para a melodia anteriormente processada. A harmonia é então somada à melodia, e os resultados podem ser auferidos auditivamente.

Este trabalho está organizado da seguinte maneira: a próxima seção apresenta a metodologia proposta e usada para execução do projeto. Logo, os resultados obtidos são descritos e discutidos, tendo por fim a conclusão na seção seguinte. Ao final, são listadas as referências utilizadas. Durante o desenvolvimento, serão usados termos específicos de teoria e notação musical, para os quais definições e breves explicações podem ser encontradas em (MED, 1996).

MÉTODO PARA TRANSCRIÇÃO E HARMONIZAÇÃO DE MELODIAS AUTOMATICAMENTE

O método proposto pode ser dividido em duas etapas: transcrição, onde ocorre o processamento de áudio; e harmonização, que efetivamente gera a harmonia. As etapas são descritas a seguir.

TRANSCRIÇÃO DE MELODIAS A PARTIR DE ÁUDIO

A transcrição de áudio automática para representação musical usando notação simbólica consiste da correta interpretação de notas e eventos musicais partindo de um arquivo de áudio.

Para realizar essa tarefa, pode-se implementar uma abordagem utilizando RNAs, fazendo a detecção de execução de notas individuais e também a duração de cada nota. Essa abordagem foi utilizada anteriormente em (HAWTHORNE et al., 2017), onde gravações em áudio de músicas executadas no piano são processadas e então passam por duas estruturas de detecção. A primeira consiste da detecção de notas executadas por meio de uma Rede Neural Recorrente (RNR). A segunda, também uma RNR que tem por entrada a convolução da entrada original com as respostas da RNR anterior, para detectar a duração de cada nota.

HARMONIZAÇÃO DE MELODIAS

O desempenho de RNR para gerar informação tem sido comprovado por resultados em diversos trabalhos (COCA; CORREA; ZHAO, 2013; HUANG; WU, 2016; JOHNSON, 2017). Isso permite acreditar na sua aplicação junto à música, podendo auxiliar na solução do problema de harmonização automática.

Uma proposta para solucionar esse problema foi implementado em (LIM; LEE, 2017), onde um algoritmo para geração de harmonias foi criado usando RNRs. Neste, a rede é treinada a partir de um banco de dados contendo diversas melodias famosas harmonizadas, processando as músicas em partes iguais usando uma divisão comum em termos de teoria musical, compassos. Com a rede treinada, agora para uma entrada melódica sem harmonia o sistema é capaz de associar acordes para cada um dos compassos da música. Um dos métodos para averiguar os resultados foi disponibilizar as harmonias para músicas comuns geradas pelo sistema para ouvintes em caráter comparativo. Como conclusão, obteve-se resposta positiva por parte dos ouvintes, onde a produção do sistema foi a preferida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, é aplicado o método proposto para transcrição e harmonização de melodias automaticamente. Para tanto, uma parte da melodia Hey Jude, dos The Beatles, será usada para análise e comparação. Os resultados mostrados a seguir podem ser auferidos auditivamente na plataforma SoundCloud através do link: <http://bit.ly/2P469y8>. A Figura 1 mostra, usando notação musical, a melodia e harmonia original entre os compassos 2 e 8 da música.

Figura 1 - Compassos 2 a 8 da música Hey Jude com harmonia.



Dó Sol Sol Dó

Fá Dó Sol Dó

Fonte: Autoria própria (2019).

Levando em conta apenas a melodia, o primeiro passo é realizar sua transcrição. Para isso, é aplicada a metodologia da ferramenta *Onsets and*

Frames: *Dual-Objective Piano Transcription*, como citado em (HAWTHORNE et al., 2017). Com o sistema treinado com base no banco de dados MAESTRO (HAWTHORNE et al., 2018), a partir do áudio da melodia em formato .wav, o resultado transcrito em notação musical pode ser observado e comparado ao original (segunda linha) na Figura 2.

Figura 2 – Melodia transcrita (primeira linha) e original (segunda linha) com diferenças em vermelho.



Fonte: Autoria própria (2019).

Embora existam diferenças na forma de escrita, o resultado musical foi excelente. Diferenças reais podem ser notadas no quinto compasso, onde a utilização de uma quátilta prejudica levemente o tempo de execução das notas; e também no sétimo compasso, onde a nota Sol, segunda nota na sequência de execução, teve localização interpretada erroneamente, a colocando um pouco antes (uma semínima) de onde deveria estar. Este resultado revela que existe maior dificuldade do sistema em interpretar notas mais velozes.

Feita a transcrição, o próximo passo é realizar a harmonização da melodia transcrita. Fazendo uso da implementação em (WON, 2019) é possível através da melodia transcrita em notação simbólica, gerar a harmonia. A rede neural empregada é uma Attention Long Short-Term Memory (ALSTM). A entrada é um conjunto de notas mapeadas em um vetor de 12 posições (referentes à quantidade total de notas cromáticas possíveis), e a saída é um acorde que seja correspondente ao conjunto de notas inserido, um vetor de 24 posições codificado para representar todas as possibilidades de acordes maiores e menores. O sistema é treinado usando o *CSV Leadsheet Database* (LIM; RHYU; LEE, 2017), um banco de dados de melodias populares acompanhadas de suas harmonias. A função para cálculo de perdas é de entropia cruzada categórica, otimizada pelo algoritmo Adam (KINGMA; BA; 2014). No Quadro 1, é mostrada a sequência de acordes resultantes do sistema comparados com a sequência original.

Quadro 1 – Harmonias automática e original da música Hey Jude.

Harmonização Automática	Dó	Ré	Sol	Lá	Fá	Dó	Ré menor	Dó
Harmonização Original	Dó	Sol	Sol	Dó	Fá	Dó	Sol	Dó

Fonte: Autoria própria (2019).

Nota-se que a harmonia gerada automaticamente é diferente da original, mantendo apenas a metade de acordes idênticos. Entretanto, isso não significa que a harmonia gerada esteja errada ou incorreta, fato esse que pode ser conferido auditivamente. Esse resultado é interessante, pois demonstra a capacidade de geração do sistema como se fosse criativo, obtendo uma alternativa funcional para uma harmonia antes existente.

CONCLUSÕES

Uma metodologia foi testada e averiguada para a solução do problema de transcrição melódica de áudios e harmonização automática de melodias. Uma melodia popular foi utilizada para análise da funcionalidade dos sistemas. O resultado foi razoável, uma vez que a melodia pôde ser transcrita com alta fidelidade, e a harmonia gerada para esta trouxe uma nova opção frente a antes definida, representando uma alternativa capaz de inspirar ou inovar o sentido da composição musical.

REFERÊNCIAS

CHEDIAK, A. **Harmonia e Improvisação**. 7. ed. Rio de Janeiro: Lumiar Editora, 1986.

COCA, A. E.; CORREA, D. C.; ZHAO, L. **Computer-aided music composition with LSTM neural network and chaotic inspiration**. International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN). 2013.

FREITAS, A. R. R. DE; GUIMARÃES, F. G.; RUELA, A. S. Computação evolutiva multiobjetivo para harmonização de melodias. p. 2000-2011, 2011.

GUEST, I. **Harmonia - Método Prático**. 1. ed. Lumiar, 2010.

HAWTHORNE, C. et al. Onsets and Frames: Dual-Objective Piano Transcription. 2017.

HAWTHORNE, C. et al. Enabling Factorized Piano Music Modeling and Generation with the MAESTRO Dataset. 2018.

HUANG, A.; WU, R. Deep Learning for Music. p. 1-9, 2016.

JOHNSON, D. D. Generating Polyphonic Music Using Tied Parallel Networks. **Computational Intelligence in Music, Sound, Art and Design**, v. 10198, p. 128-143, 2017.

KINGMA, D. P.; BA, J. Adam: **A Method for Stochastic Optimization**.
ArXiv:1412.6980, 2014.

LIM, H.; LEE, K. **Chord Generation From Symbolic Melody Using Blstm Networks**.
Seoul National University, Korea. 2017.

LIM, H.; RHYU, S.; LEE, K. **CSV Leadsheet Database**. Disponível em:
<http://marg.snu.ac.kr/chord_generation/>. Acesso em: 8 jun. 2019.

LIU, H.-M.; YANG, Y.-H. **Lead Sheet Generation and Arrangement by Conditional Generative Adversarial Network**. IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA). 2018.

MED, B. **Teoria da Música**. 4. ed. Brasília: Musimed, 1996. 420 p.

WON, C. K. **Chord Generator with Attention LSTM**. Disponível em:
<<https://github.com/brightwon/chord-generator-attention-lstm>>. Acesso em: 15 abr. 2019.