



# Apresentação do artigo

## “Deep Predictive Models in Interactive Music”

Por LUCIANO DA SILVA FIGUEIREDO

# Contextualização da pesquisa

- Desempenho musical requer previsão para operar instrumentos;
- A pesquisa trata da utilização de DMIs - Instrumentos Digitais Musicais em conjunto com modelos preditivos de aprendizagem de máquina;
- Auxilia sistemas interativos para entender seu contexto temporal e comportamento conjunto.

# Proposição da pesquisa

*Investigar  
como projetos de DMI usando modelos preditivos  
pode levar a novas possibilidades criativas  
para artistas e designers de DMI.*

# Contribuição prática

*Fornecer uma maneira de enquadrar dois problemas importantes, mas geralmente separados, na música computadorizada:  
mapeamento e modelagem - como diferentes tipos de previsões.*

- Mapeamento:
  - Um dos principais problemas da música interativa;
  - Conecta componentes de controle e sensor de um instrumento musical aos parâmetros no componente de síntese sonora;
  - Capturar sons específicos de Instrumentos musicais.
- Modelagem:
  - Capturar uma representação de um processo musical.
  - Mais focada na composição não em tempo real;
  - Usado para gerar mais músicas, ou ajudar a entender a música que foi criado.

# Predição e Música

## O que é predição

- Humanos usam predição para situações rotineiras da vida;
- Predição é uma adivinhação desconhecida ou de estados do mundo futuro informados por nossas experiências atuais e passadas



# Predição e Música

## O que é predição

Performers de DMI desenvolvem  
predição pela interação com músicos,  
pelo ouvir do sons, pelas ações musicais  
de um conjunto.



# Predição e Música

## O que é predição

### *Questão*

*O que predição pode significar em um sistema interativo, e que modelos de previsão musical mostram-se mais promissores para uso interativo?*

# Predição e Música

## Modelos de predição de sequências musicais

- ANN - Redes Neurais Artificiais

- Composições musicais
- Sinais de audio digital

- RNN - Redes Neurais Recorrentes  
usadas para gerar sequências de notas musicais;

- Modelos de Markov



Probabilidades de emissão de futuras notas com base nas anteriores.

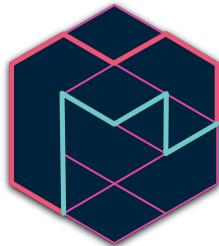
RNN com LSTM

Não combina exatamente treinamentos (Previsão + difusa)

Requer tabelas de transição grandes para aprender dependências distantes nos dados

# Predição e Música

## Modelos de predição de sequências musicais



# magenta

[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=7&v=iTXU9Z0NYoU](https://www.youtube.com/watch?time_continue=7&v=iTXU9Z0NYoU)

<https://ai.google/research/teams/brain/magenta/>

<https://magenta.tensorflow.org/>

<https://www.youtube.com/watch?v=0fjopD87pyw>

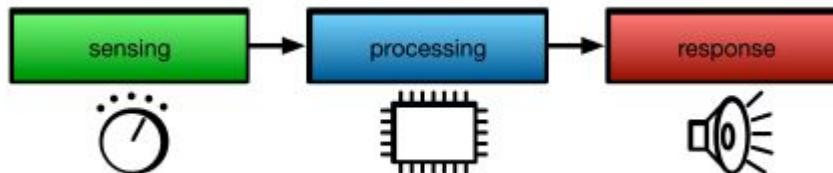
Projeto de  
Aprendizado de  
Máquina Open  
Source da  
Google



Utiliza Redes  
Neurais  
Recorrentes -  
RNN

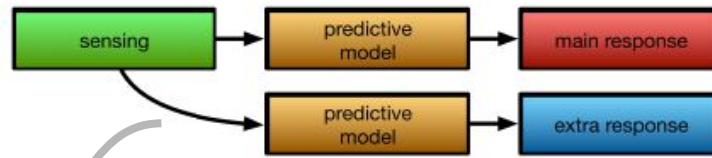
# Framework para interação musical preditiva

1

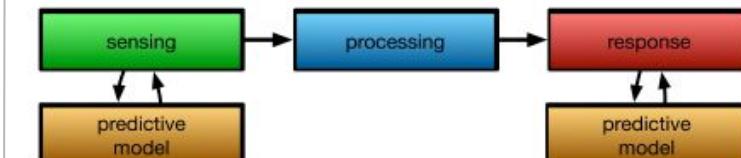


Estágios de um modelo de sistema de interação musical tradicional (DMI)

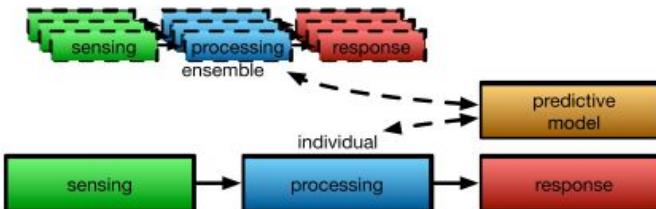
2



3



Reduz a carga cognitiva em músicos humanos, ou estende sua criatividade alcance.



Auxilia na interação preditiva entre conjunto de músicos

4

# Designs preditivos para música interativa

Table 1: Predictive interactive music systems reviewed in this paper ordered by type: instrument (inst.), musical (music.), and ensemble (ens.). The machine-learning model used, and its input and output configuration are also listed.

Title	Description	Model	Input	Output	Type
GloveTalk II [26]	speech synthesis control	MLP	hand sensors	synthesis parameters	inst.
PiaF [78]	control effects with hand gestures	GVF	Kinect	audio effect parameters	inst.
BRAAHMS [80]	adaptive harmonisation using BCI	SVM	fNIRS	harmonisation parameters	inst.
Emotionally intelligent piano [6]	control visualised colours	naive Bayes	IMU	emotion classes	inst.
The Birl [73]	control synth through button interface	MLP	capacitive button sensors	continuous pitch	inst.
Self-Supervising Machine [71]	control synth through unsupervised control interface	ART, MLP	touchscreen control data	synthesis parameters	inst.
000000Swan's Monster [68]	control extra synth and video layers	MLP, classifier	Kinect, k-bow	synthesis and video parameters	inst.
AI Duet [48]	continue performance	RNN	symbolic music	symbolic music	music.
RoboJam [53]	continue performance	RNN	touchscreen control data	touchscreen control data	music.
Continuator [59]	continue performing in user style	Markov	symbolic music	symbolic music	music.

# Designs preditivos para música interativa - Instrumento de predição (Início dos tempos: 1990 - GloveTalk II)

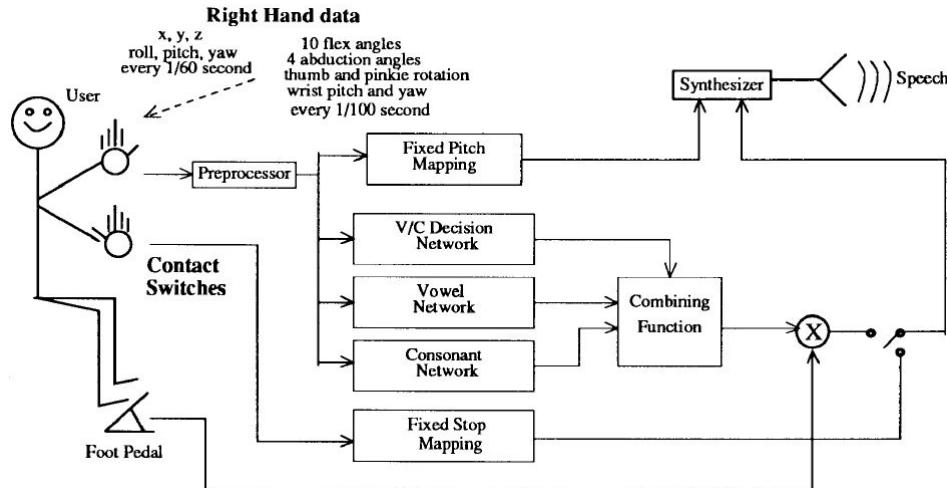


TABLE I  
STATIC GESTURE-TO-CONSONANT MAPPING FOR ALL PHONEMES. NOTE,  
EACH GESTURE CORRESPONDS TO A STATIC NONSTOP CONSONANT  
PHONEME GENERATED BY THE TEXT-TO-SPEECH SYNTHESIZER

DH	F	H	L	M
N	R	S	SH	TH
				vowel
V	W	Z	ZH	vowel

# Designs preditivos para música interativa - Instrumento de predição

- Mapeamento por Machine Learning
  - Modelos clássicos de ML como as RNAs rasas/classificação dos vizinhos próximos;
  - Eses modelos **nem sempre consideram o componente temporal dos dados**. Como resultado, podem **não ser capaz de modelar todos aspectos da interação musical**.
  - Exemplo, se um sensor pode medir a posição da mão, um modelo não temporal pode ser capaz de mapear a posição da mão para uma resposta, mas não a direção da movimento da mão.

# Designs preditivos para música interativa - Instrumento de predição

- Predição de respostas extras
  - Objetivo de **incrementar** os instrumentos musicais com **efeitos de áudio, sons extras ou elementos visuais**;
  - Modelo preditivo capaz de **interpretar informações gestuais** de câmeras e outros **sensores** para controlar essas respostas extras;
  - Exemplo de sistema é **PiaF** ou Piano Follower, um sistema de piano aumentado projetado para **rastrear gestos auxiliares nas mãos do pianista** durante performances e use-os para controlar sons sintetizados, incluindo o processamento do áudio do piano.

# Designs preditivos para música interativa - Predição musical

Modelos ML para predição musical  
**constroem uma representação** das notas,  
sons, ou outras instruções de reprodução em  
um trabalho musical ou corpus

A previsão é geralmente usada para preencher partes musicais que o artista não tocou ou continuar quando eles pararem

# Designs preditivos para música interativa - Predição musical

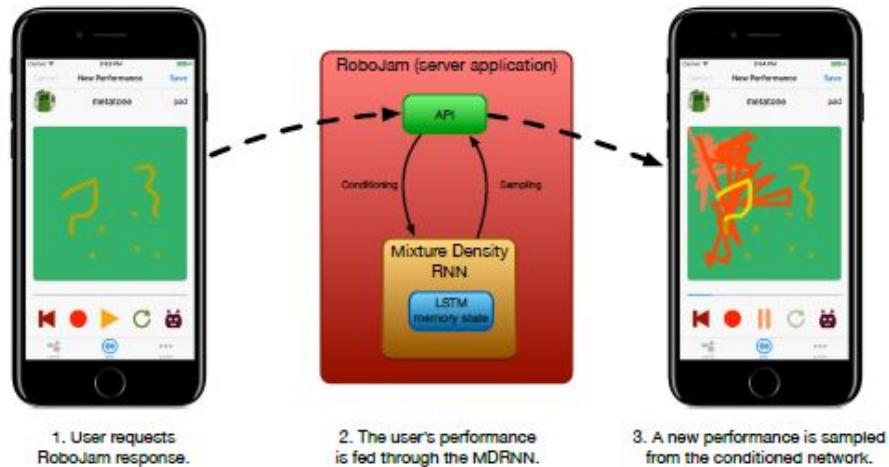
- Interações musicais "contínuas":
  - O Continuator é um DMI que **modela e imita o estilo do indivíduo intérpretes** para “continuar” suas performances onde eles deixam de fora;
  - As previsões temporais aqui são gerado por uma ordem variável **modelo de Markov** que escolhe a partir do espaço de várias notas e ritmos inseridos pelo artista
  - O modelo permite que o sistema **aprenda on-the-fly**, mas limita o intervalo de tempo das dependências que podem ser representadas.

# Designs preditivos para música interativa - Predição musical

- MySong
  - Gera automaticamente acompanhamentos de harmonia para melodias vocais;
  - A “Entrada” é uma melodia vocal cantada pelo usuário e produz uma sequência de acordes que combinam com a melodia;
  - Benefício do modelo é que o usuário é capaz de ouvir suas improvisações vocais no contexto de um arranjo musical completo. Modelo eficaz;
  - Pesquisas recentes sugerem que RNNs bidirecionais podem alcançar melhores previsões com um acorde mais diversificado e talvez sequências mais interessantes.

# Designs preditivos para música interativa - Predição musical

- RoboJam
  - Agente de call-and-response;
  - Usa um RNN para continuar apresentações musicais criadas em um aplicativo de smartphone;
  - Modelo preditivo **foca na fase de sensoriamento** da estrutura de música interativa;
  - O RoboJam aprende a tocar música ao invés de compor;
  - ★ Permite aos usuários ouvir performances rapidamente, e ouvir o seu desempenho no contexto com diferentes sons em camadas.



# Designs preditivos para música interativa - Predição conjunta

O modelo prevê as ações de  
outros membros de uma  
grupo musical.

# Designs preditivos para música interativa - Predição de conjunto

- Network Ensemble Prediction
  - Grupos de músicos **tocam juntos em conexões de rede** de diferentes locais físicos.
- Simulated Ensemble Prediction
  - Viabiliza **experiências simuladas**, modelando o comportamento de outros músicos em um conjunto para entender o desempenho do solista ao vivo fornecendo acompanhamento adequado.

Os modelos preveem as ações de outros membros de uma grupo musical.

# Designs preditivos para música interativa - Predição de conjunto

- The Neural Touchscreen Ensemble.

Desenvolvido pelos autores.

**Simulação orientada por RNN de**  
uma experiência de ensemble de tela  
sensível ao toque.

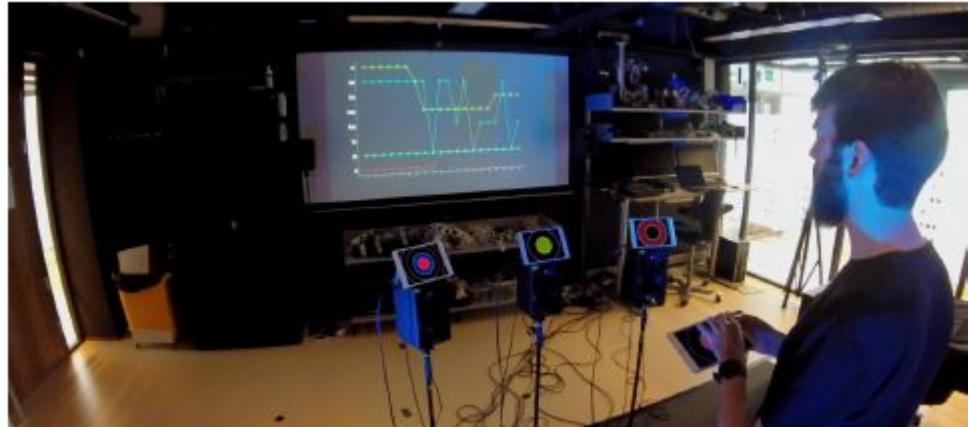


Figure 8: The Neural Touchscreen Ensemble uses an RNN to predict ensemble responses to a human performer's gestures. The system supports quartet performances with three RNN-controlled iPads responding to one human performer.

# Conclusão

- Definiu-se uma estrutura que conecta modelos preditivos em sistemas de música interativa com previsões cognitivas envolvidas na realização de música;
- Reviu-se como os sistemas existentes, incluindo dois dos autores (RoboJam e o Neural Touchscreen Ensemble), implementaram modelos preditivos;
- Aprimorando a compreensão de como os modelos de ML podem apoiar os artistas e aumentar seu potencial criativo
- Demonstra que os modelos de aprendizagem profunda, têm muito a oferecer para a interação musical preditiva.

# Conclusão - Principal benefício da predição

**Músicos** são constantemente **proativos** se antecipando a batida de um maestro ou a introdução de uma ideia musical em um jam gratuito. Incorporando **modelos preditivos em DMIs**, os instrumentos **podem ser proativos** também, beneficiando seus usuários e ouvintes.

# Referências

- S. S. Fels and G. E. Hinton. Glove-talkii-a neural-network interface which maps gestures to parallel formant speech synthesizer controls. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 9(1):205–212, Jan 1998. Doi: 10.1109/72.655042.
- Martin, Charles P., Kai Olav Ellefsen, and Jim Torresen. "Deep predictive models in interactive music." arXiv preprint arXiv:1801.10492 (2018).



Mestrado em Informática

Programa de Pós Graduação em Informática  
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - CCET

# Obrigado

LUCIANO DA SILVA FIGUEIREDO

09/07/2019