

# Identificação de Tonalidade em ficheiros MIDI

Trabalho de Grupo 3

Maio 2021

Diogo Remião 201706373

José Miguel Pinheiro 201705172

Sistemas Multimédia  
FEUP

## Introdução

## Fundamentos Teóricos

Tonalidade

Tonalidades Próximas

Técnicas de Identificação

## Método

Algoritmo de Krumhansl-Schmukler

Key Profiles

Exemplo

## Implementação

Music21

Data Set

## Resultados

Géneros

Geral

Future Work

## Conclusão

Identificação de  
Tonalidade

Introdução

Fundamentos  
Teóricos

Método

Implementação

Resultados

Conclusão

- ▶ Projeto
  - ▶ Identificação da Tonalidade
  - ▶ Contextualização Teórica
  - ▶ Análise do Algoritmo
  - ▶ Avaliação da precisão
- ▶ Music21
  - ▶ Python Lib

Identificação de  
Tonalidade

2 Introdução

Fundamentos  
Teóricos

Método

Implementação

Resultados

Conclusão

- ▶ Tonalidade
  - ▶ Cifra
  - ▶ Escalas / Acordes / Cadências
- ▶ Tonalidades Próximas
  - ▶ Relativa / Dominante / Sub-Dominante / Paralela
- ▶ Técnicas de Identificação

Identificação de  
Tonalidade

Introdução

3 Fundamentos  
Teóricos

Tonalidade

Tonalidades Próximas

Técnicas de Identificação

Método

Implementação

Resultados

Conclusão

- ▶ O que é a tonalidade
- ▶ Cifra
- ▶ Derivações
  - ▶ Escala
  - ▶ Acordes
  - ▶ Cadências



### Identificação de Tonalidade

Introdução

Fundamentos Teóricos

4

**Tonalidade**

Tonalidades Próximas

Técnicas de Identificação

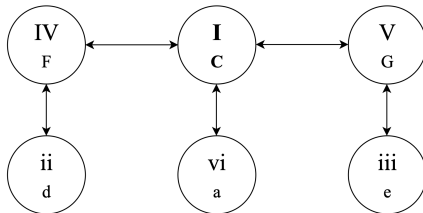
Método

Implementação

Resultados

Conclusão

- ▶ Tonalidades Próximas / Afastadas
- ▶ Tónica
- ▶ Relativa
  - ▶ Maior
  - ▶ Menor
- ▶ Dominante
- ▶ Sub-Dominante e Relativas



### Identificação de Tonalidade

Introdução

Fundamentos Teóricos

Tonalidade

5 Tonalidades Próximas

Técnicas de Identificação

Método

Implementação

Resultados

Conclusão

- Cifra
- Alterações (Sustenido e bemol)
- Progressões Harmónicas - Cadências

### Schubert's Serenade

Standchen

Transcribed by F. Liszt

♩ = 58

Piano

Piano

*mf*

*p*

Identificação de  
Tonalidade

Introdução

Fundamentos  
Teóricos

Tonalidade

Tonalidades Próximas

6

Técnicas de Identificação

Método

Implementação

Resultados

Conclusão

- ▶ Algoritmo de Krumhansl-Schmukler
- ▶ Key Profiles
  - ▶ Krumhansl
  - ▶ Variações: Temperley / Aarden / Bellman / Simple (Craig)
- ▶ Exemplo

Identificação de  
Tonalidade

Introdução

Fundamentos  
Teóricos

7

**Método**

Algoritmo de  
Krumhansl-Schmukler  
Key Profiles  
Exemplo

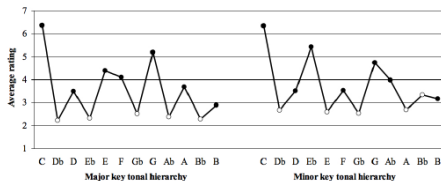
Implementação

Resultados

Conclusão



- ▶ Baseado em perfis tonais (*Key Profiles*)
- ▶ Construção de uma distribuição representativa da presença de cada nota
  - ▶ Temporal e variável com a métrica escolhida
- ▶ Autocorrelação com cada perfil tonal
  - ▶ Perfil com maior correlação é o escolhido



Identificação de Tonalidade

Introdução

Fundamentos Teóricos

Método

8

Algoritmo de Krumhansl-Schmukler

Key Profiles

Exemplo

Implementação

Resultados

Conclusão

- ▶ Krumhansl-Schmukler & Kessler
  - ▶ Análise subjetiva com voluntários
  - ▶ Quão bem uma nota soa num elemento musical de uma tonalidade (Escala, Cadência, etc)
  - ▶ Construção de um perfil tonal para todas as tonalidades maiores e outra para as menores
- ▶ Temperley
- ▶ Bellman e Aarden
- ▶ Simple (Craig)

Identificação de  
Tonalidade

Introdução

Fundamentos  
Teóricos

Método

Algoritmo de  
Krumhansl-Schmukler

9

Key Profiles

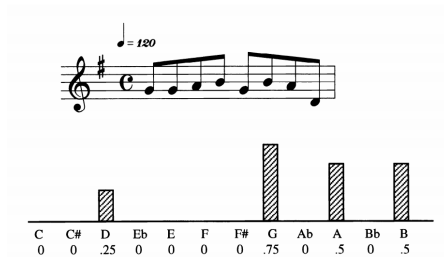
Exemplo

Implementação

Resultados

Conclusão

- ▶ Melodia "Yankee Doodle"
- ▶ Construção da distribuição
- ▶ Correlação com os perfis de Krumhansl
- ▶ Melhor previsão - G Major (0.693)
  - ▶ D Major (0.485)
  - ▶ E Minor (0.398)
  - ▶ G Minor (0.394)



### Identificação de Tonalidade

Introdução

Fundamentos Teóricos

Método

Algoritmo de Krumhansl-Schumaker

Key Profiles

Exemplo

10

Implementação

Resultados

Conclusão

18

- ▶ Python Music21
- ▶ Data Set

Identificação de  
Tonalidade

Introdução

Fundamentos  
Teóricos

Método

11 Implementação

Music21

Data Set

Resultados

Conclusão

- ▶ Porquê Music21?
- ▶ Algoritmo de Krumhansl
- ▶ Vários perfis tonais

```
score = music21.converter.parse('./bach/bwv_A_Major↵  
    .midi')  
key = score.analyze('Krumhansl')  
print('Best Prediction = ', key.tonic.name, key.↵  
    mode, key.correlationCoefficient)  
print('Second best Prediction = ', key.↵  
    alternateInterpretations[0].tonic.name, key.↵  
    alternateInterpretations[0].mode, key.↵  
    alternateInterpretations[0].↵  
    correlationCoefficient)  
print('Third best Prediction = ', key.↵  
    alternateInterpretations[1].tonic.name, key.↵  
    alternateInterpretations[1].mode, key.↵  
    alternateInterpretations[1].↵  
    correlationCoefficient)  
print('Worst Prediction = ', key.↵  
    alternateInterpretations[22].tonic.name, key.↵  
    alternateInterpretations[22].mode, key.↵  
    alternateInterpretations[22].↵  
    correlationCoefficient)
```

- ▶ *Prelude & Fugue* - J.S.Bach
  - ▶ 24 peças
- ▶ *Études* - F.Chopin
  - ▶ 18 peças
- ▶ *Piano Concertos 2 & 3* - S.Rachmaninov
  - ▶ 3 andamentos para cada concerto
- ▶ Música Contemporânea
  - ▶ Debussy
  - ▶ Satie
  - ▶ Ravel
- ▶ Pop

Identificação de  
Tonalidade

Introdução

Fundamentos  
Teóricos

Método

Implementação

Music21

13

Data Set

Resultados

Conclusão

18

Sistemas Multimédia  
FEUP

- ▶ Performance em diferentes géneros
  - ▶ Bach
  - ▶ Chopin
  - ▶ Rach
  - ▶ Contemp
  - ▶ Pop
- ▶ Performance geral
- ▶ Future Work

Identificação de  
Tonalidade

Introdução

Fundamentos  
Teóricos

Método

Implementação

14 Resultados

Géneros

Geral

Future Work

Conclusão

# Resultados

Performance em diferentes géneros

Identificação de  
Tonalidade

Introdução

Fundamentos  
Teóricos

Método

Implementação

Resultados

15 Géneros

Geral

Future Work

Conclusão

Bach	Krum	Temp	Bell	Aard	Craig
Correct	100	100	100	100	100
Relative	0	0	0	0	0
Dominant	0	0	0	0	0
Parallel	0	0	0	0	0
Other	0	0	0	0	0

Chopin	Krum	Temp	Bell	Aard	Craig
Correct	94.44	94.44	94.44	94.44	100
Relative	0	5.56	5.56	0	0
Dominant	5.56	0	0	0	0
Parallel	0	0	0	0	0
Other	0	0	0	5.56	0

Rach	Krum	Temp	Bell	Aard	Craig
Correct	16.67	33.33	33.33	33.33	33.33
Relative	0	0	0	0	0
Dominant	0	0	0	16.67	0
Parallel	16.67	0	0	0	0
Other	66.67	66.67	66.67	50	66.67

Contemp	Krum	Temp	Bell	Aard	Craig
Correct	57.14	57.14	57.14	42.86	57.14
Relative	0	0	0	14.29	0
Dominant	14.29	14.29	14.29	14.29	14.29
Parallel	0	0	0	0	0
Other	28.57	28.57	28.57	14.29	28.57

Pop	Krum	Temp	Bell	Aard	Craig
Correct	75	75	100	100	87.5
Relative	0	0	0	0	0
Dominant	25	0	0	0	0
Parallel	0	0	0	0	0
Other	0	25	0	0	12.5



- ▶ Melhor Precisão
  - ▶ Bellmen / Aarden
  - ▶ Simple (Craig)
- ▶ Pior Precisão
  - ▶ Krumhansl
  - ▶ Temperley
- ▶ Falhas do Algoritmo
  - ▶ Modulação é muito comum!
  - ▶ Segmentação por tonalidades

<b>Average</b>	Krum	Temp	Bell	Aard	Craig
Correct	68.65	71.98	76.98	74.13	75.59
Relative	0	1.11	1.11	2.86	0
Dominant	8.96	2.86	2.86	6.19	2.86
Parallel	3.33	0	0	0	0
Other	19.06	24.05	19.05	16.82	21.55

Identificação de  
Tonalidade

Introdução

Fundamentos  
Teóricos

Método

Implementação

Resultados

Géneros

16 Geral

Future Work

Conclusão

16

18

- ▶ Mais amostras
  - ▶ Mais Segmentados
  - ▶ Mais Gêneros
- ▶ Análise Temporal
  - ▶ Precisão do Algoritmo em função da duração da amostra
- ▶ Outros algoritmos de identificação de Tonalidade
  - ▶ E.Chew - Modelo Matemático *Spiral Array*
- ▶ Análise de Audio

Identificação de  
Tonalidade

Introdução

Fundamentos  
Teóricos

Método

Implementação

Resultados

Gêneros

Geral

17 Future Work

Conclusão

- ▶ Fundamentos teóricos da Tonalidade
- ▶ Algoritmos de deteção
  - ▶ Krumhansl-Schmukler
- ▶ Key Profiles
  - ▶ Krumhansl
  - ▶ Temperley
  - ▶ etc.
- ▶ Implementação em Python
  - ▶ Music21
- ▶ Análise de precisão
  - ▶ Melhorias no algoritmo

Identificação de  
Tonalidade

Introdução

Fundamentos  
Teóricos

Método

Implementação

Resultados

18 Conclusão

Obrigado e esperamos que tenham gostado!

Diogo Remião - [up201706373@edu.fe.up.pt](mailto:up201706373@edu.fe.up.pt)

José Miguel Pinheiro - [up201705172@edu.fe.up.pt](mailto:up201705172@edu.fe.up.pt)