

Departamento de Sistemas e Computação – FURB
Curso de Ciência da Computação
Trabalho de Conclusão de Curso – 2013/1

Interpres

Um protótipo para reconhecimento de partitura

Acadêmico: Jonathan Mauricenz
Jonathan.mauricenz@gmail.com

Orientador: Prof. Aurélio Hoppe
aurelio.hoppe@gmail.com
<http://www.inf.furb.br/~aurelio/>

Grupo de Pesquisa em Computação
Gráfica, Processamento de Imagens e
Entretenimento Digital
<http://www.inf.furb.br/gcg>



Roteiro

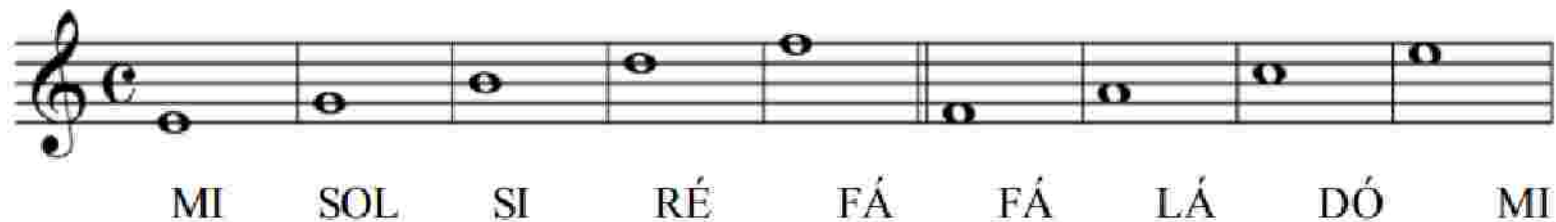
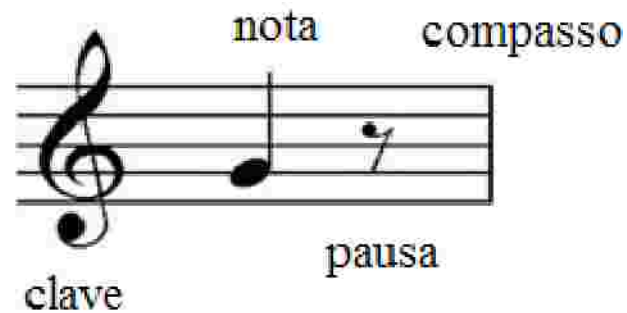
- Motivação
- Objetivo
- Trabalhos relacionados e proposto
- Requisitos
- Etapas do Protótipo
- Desenvolvimento com experimentos
- Conclusão
- Limitações
- Extensões
- Demonstração

Motivação

- Acessibilidade
- Software de Apoio
- Deficientes visual
- Ensino de música para deficientes visuais
- Reconhecimento de partitura

Objetivo

- Reconhecimento da partitura
- Com escopo na identificação dos símbolos



- Sem a semântica

Trabalhos relacionados

- Perrotti (1993)

Contribuição ao Projeto OMR

Primeiro programa comercial MIDISCAN (1991)

Métodos:

Afinamento

Esqueletização

Vetorização

Não remove pauta

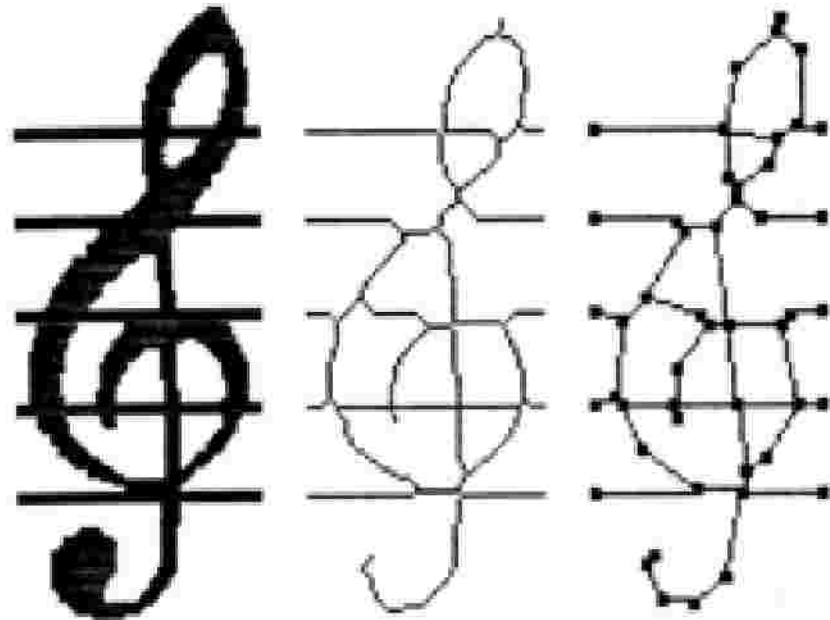
Classificação:

Ponto mais próximo

Resultados:

Lista de candidatos

Símbolos menores desaparecem



Trabalhos relacionados

- Margarida (2009)

Código fonte aberto e gratuito

Conversão de partituras para Braile

Métodos:

Segue a linha de Perroti

Morfologia matemática

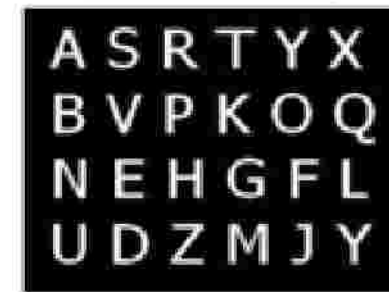
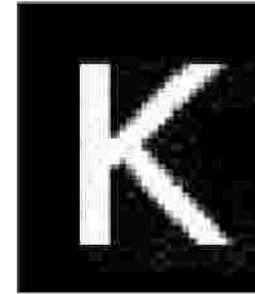
Classificação:

Casamento de templates

Resultados:

Sensível a imperfeições

Símbolos menores desaparecem



Trabalhos relacionados

- Seufert (2010)

Universidade do Porto, Portugal - OMR

Comparação entre classificadores

Métodos:

Remove pauta

Adiciona Imperfeições

Classificação:

Vizinhos mais próximos, Rede Neural, Máquina de vetor de relevância

Máquina de vetores de suporte

Resultados:

Melhor taxa de acerto com máquina de vetores de suporte



Tabela Comparativa

Atributo	Perroti (1993)	Margarida (2009)	Seufert (2010)
Remoção da Pauta	Não	Não	Sim
Invariância geométrica	Não	Não	Sim
Vetorização	Sim	Sim	Não
Características utilizadas	Pontos terminais e de cruzamento	Correlação entre imagem	Área, orientação, densidade, pontos finais, intersecções
Classificação	Algoritmo Próprio	Casamento de Templates	Vizinhos mais próximos, Rede Neural, Máquina de vetores de suporte, Máquina de vetor de relevância
Precisão média	Não publica	96%	90%

Trabalho proposto

Desenvolver um protótipo que faz o reconhecimento de símbolos contidos em uma imagem de partitura;

Objetivos específicos:

- Extrair os símbolos de uma imagem de partitura
- Analisar a forma do símbolo utilizando descritores de forma
- Exibir e exportar o resultado do reconhecimento.

Requisitos

A seguir os requisitos funcionais do protótipo:

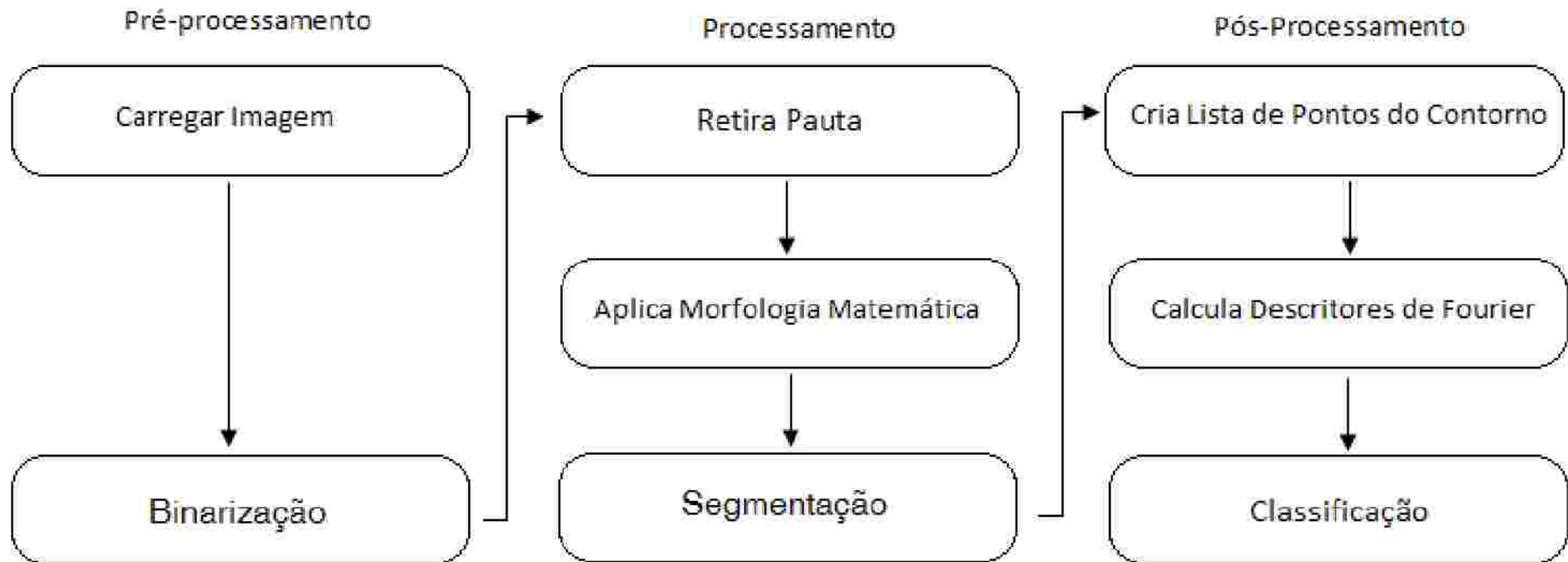
- permitir que o usuário escolha uma imagem de partitura (RF);
- remover as linhas de pauta (RF);
- isolar o símbolo musical (RF);
- utilizar técnicas de descritores de forma (RF);
- reconhecer os símbolos musicais (RF);

Requisitos

A seguir os requisitos não funcionais do protótipo:

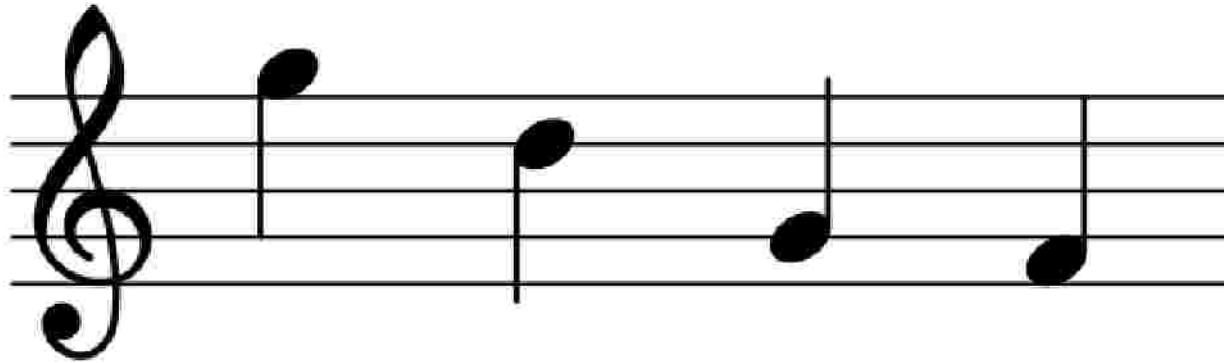
- ser implementado utilizando a linguagem Java (RNF);
- ser implementado utilizando o ambiente de desenvolvimento Eclipse ou NetBeans (RNF).

Etapas do protótipo



Partitura Simples

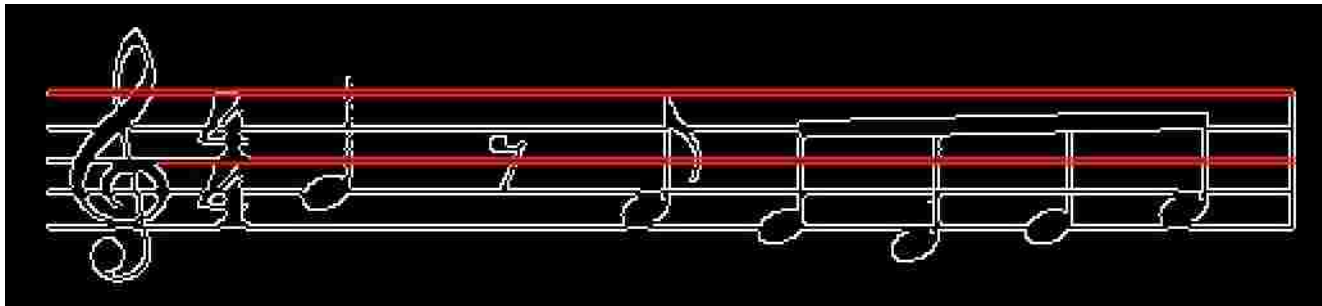
- Segmentar os símbolos - facilita a classificação



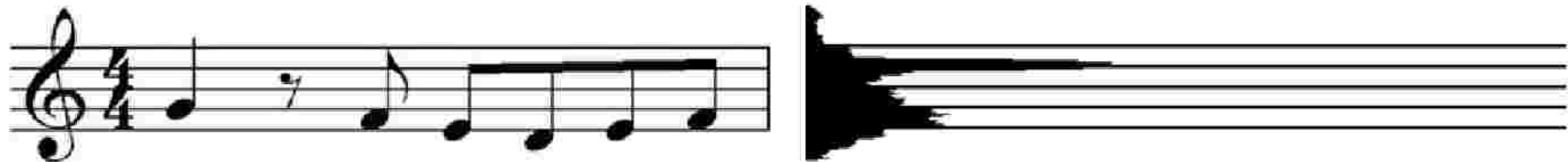
- Remover as linhas de pauta pois ela une todas as notas.
- Como remover as linhas?

Remover as linhas de Pauta

- Transformada de Hough

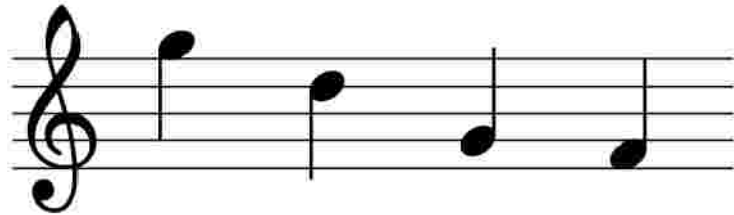


- Projeção horizontal



Testes Remoção de linha

- Experimento 1 - Simples



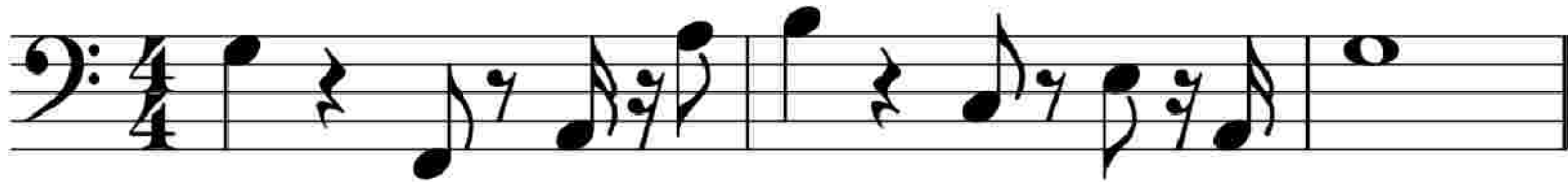
Testes Remoção de linha

- Experimento 2 – Adicionando formas



Testes Remoção de linha

- Experimento 3 – Complexo



Conclusão:

Removeu por completo todos os segmentos da pauta

Próximo passo?

Símbolos Fragmentados

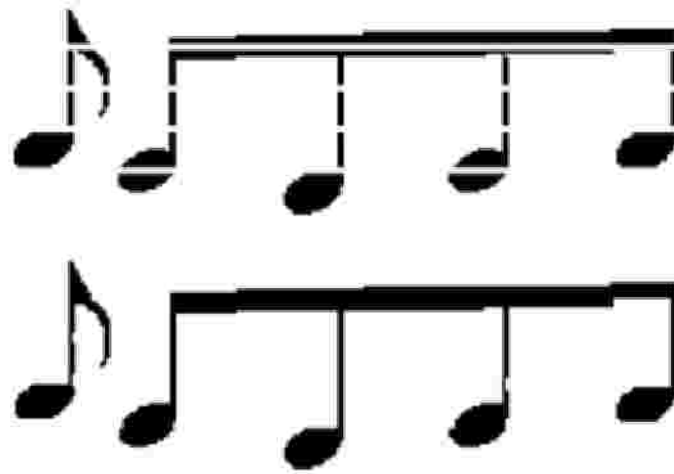
- A remoção da linha de pauta fragmentou os símbolos



- Como Reconstruir?

Reconstrução do símbolo

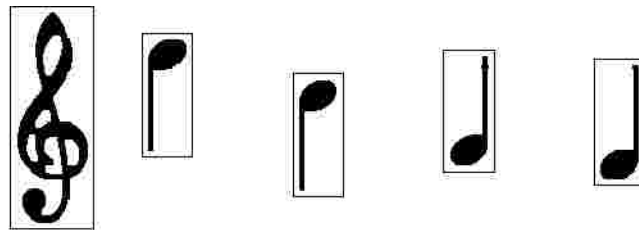
- Morfologia matemática – erosão e dilatação



- Próximo passo segmentação
- OpenCV – Encontrar contornos

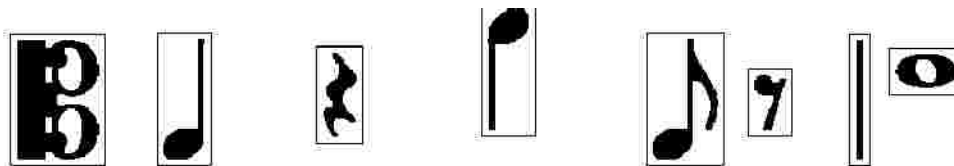
Testes Segmentação

- Experimento 1



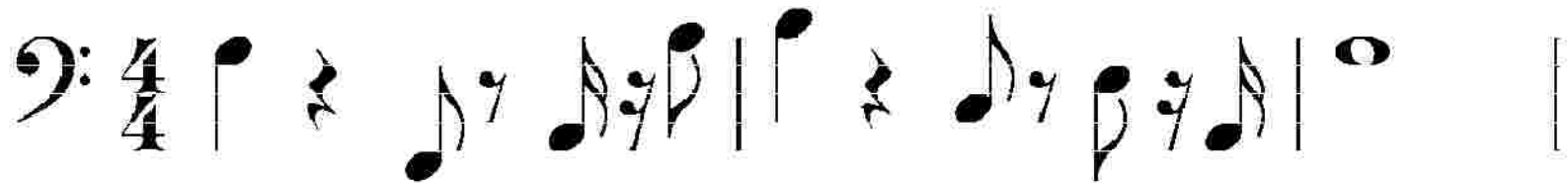
Testes Segmentação

- Experimento 2



Testes Segmentação

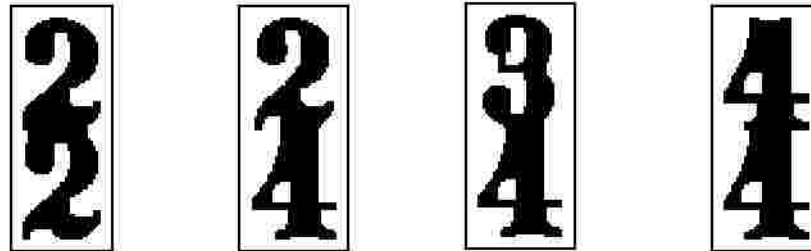
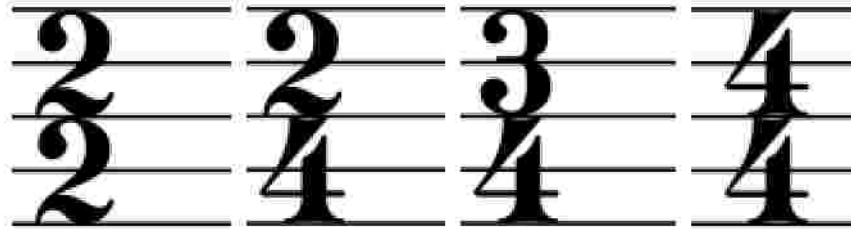
- Experimento 3



- Juntou a fórmula de compasso “quatro por quarto”
- Ocorre em outras formulas de compasso?

Testes Segmentação

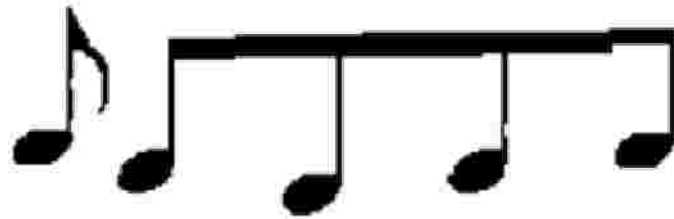
- Experimento 4 – Fórmulas de compasso



- Então:
 - símbolos muito próximos são fundidos na reconstrução
- Se admite a fórmula de compasso como apenas um símbolo, pois a forma é diferente

Formas Segmentas

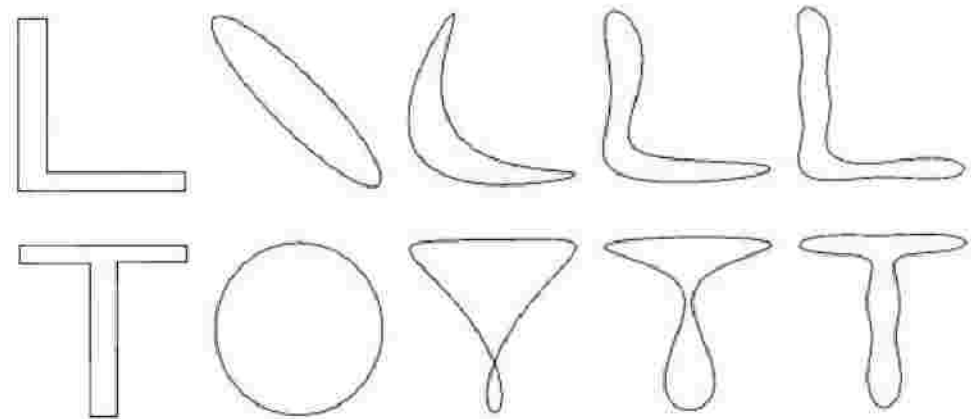
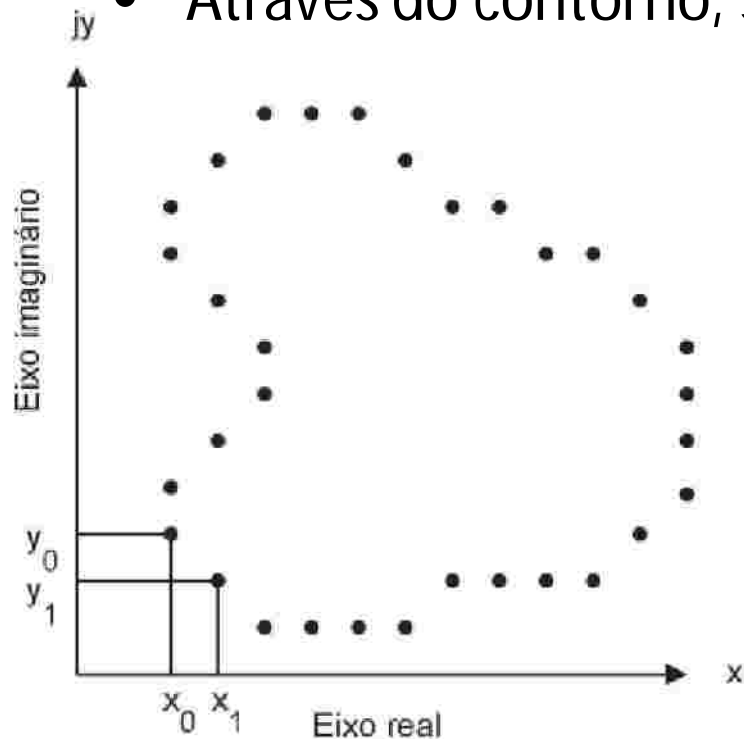
- Como diferenciar?



- Se pode diferenciar pelo contorno da forma
- Então: Descritores de forma

Descritores de forma

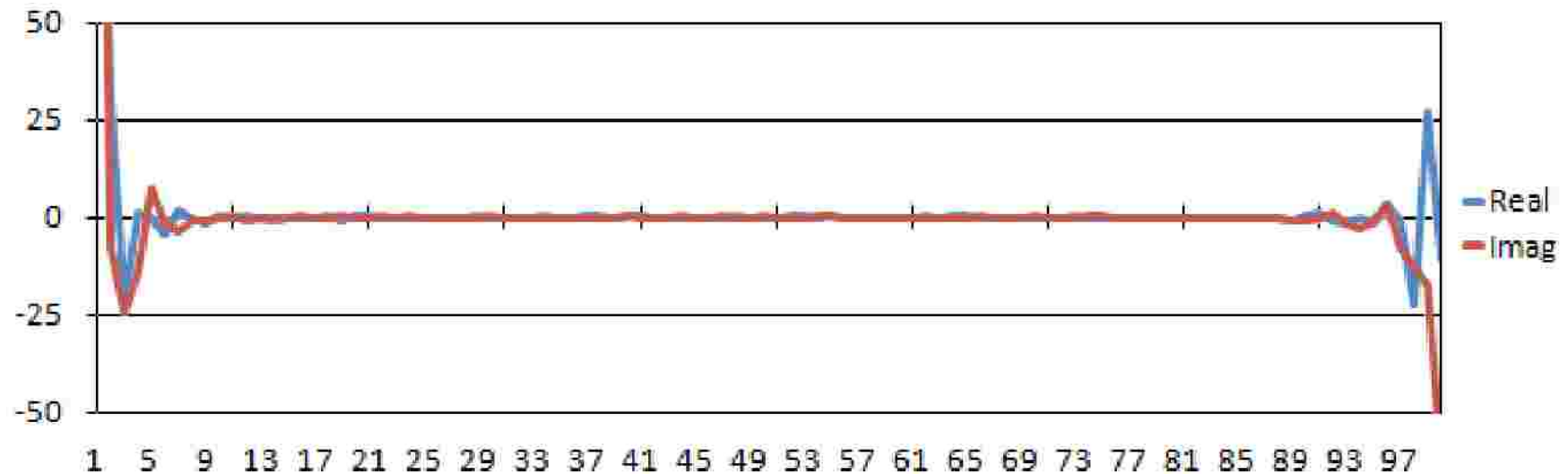
- Foi utilizado descritores de Fourier
- Através do contorno, se obtém dados numéricos



- Abstrair detalhes e imperfeições da forma
- Lista de coordenadas x, y do contorno

Descritores de Fourier

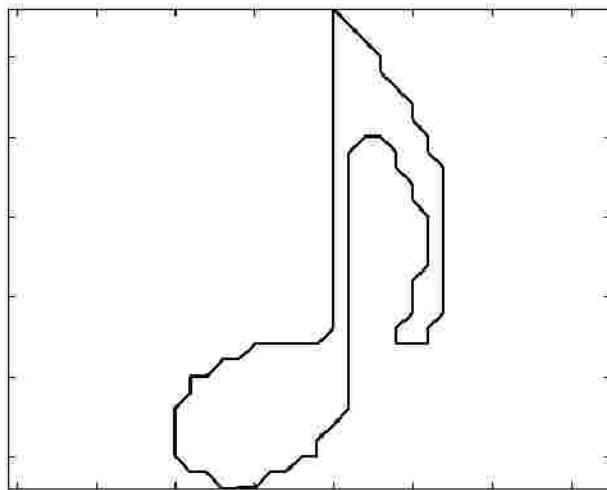
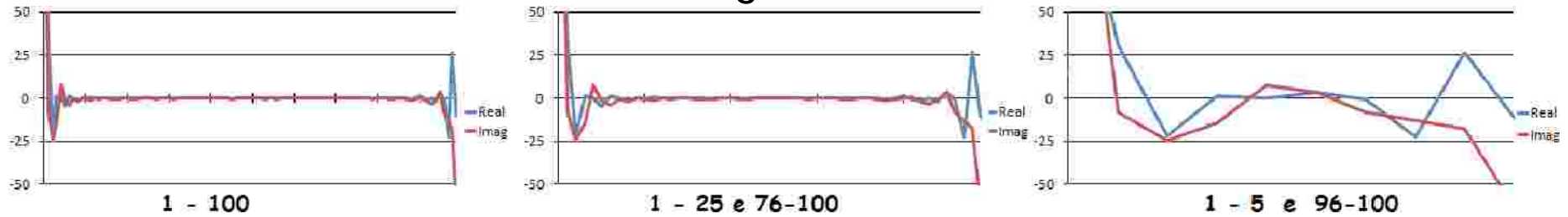
- Utiliza os pontos do contorno "externo" da forma
- Analisando uma forma de 100 pontos de contorno



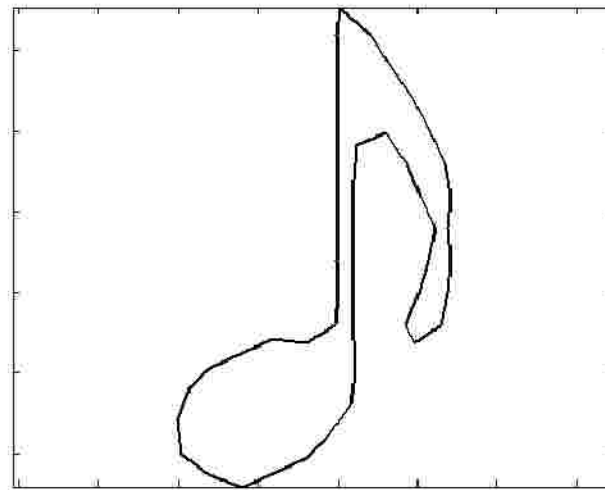
- Quantos descritores?

Quantidade de Descritores

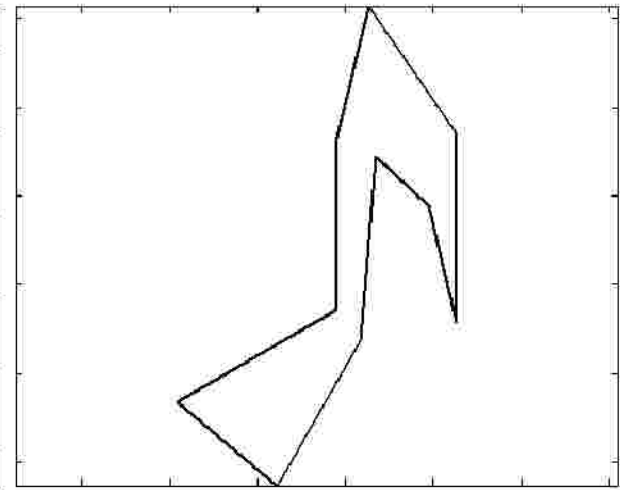
- Quais os descritores mais significativos?



(a)



(b)

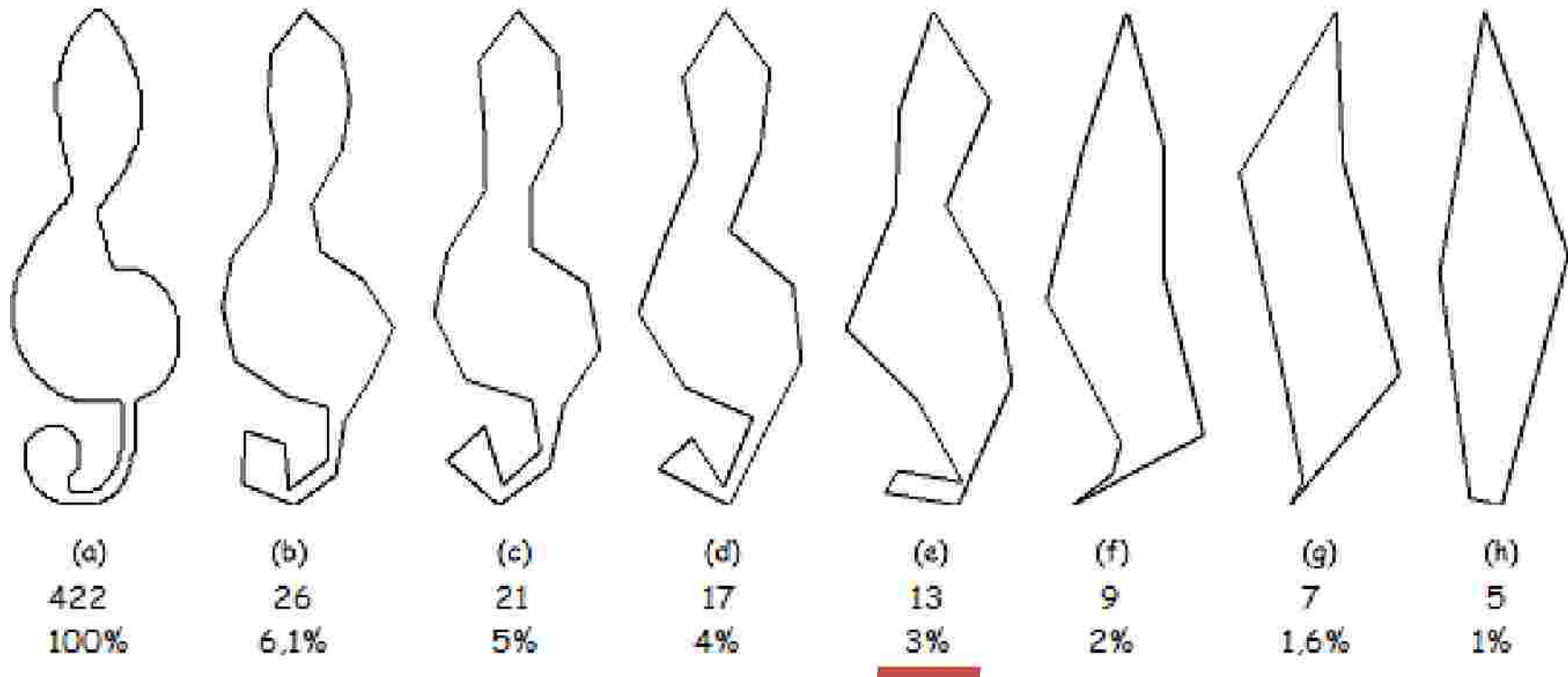


(c)

- Mais significativos são as extremidades

Quantidade de Descritores

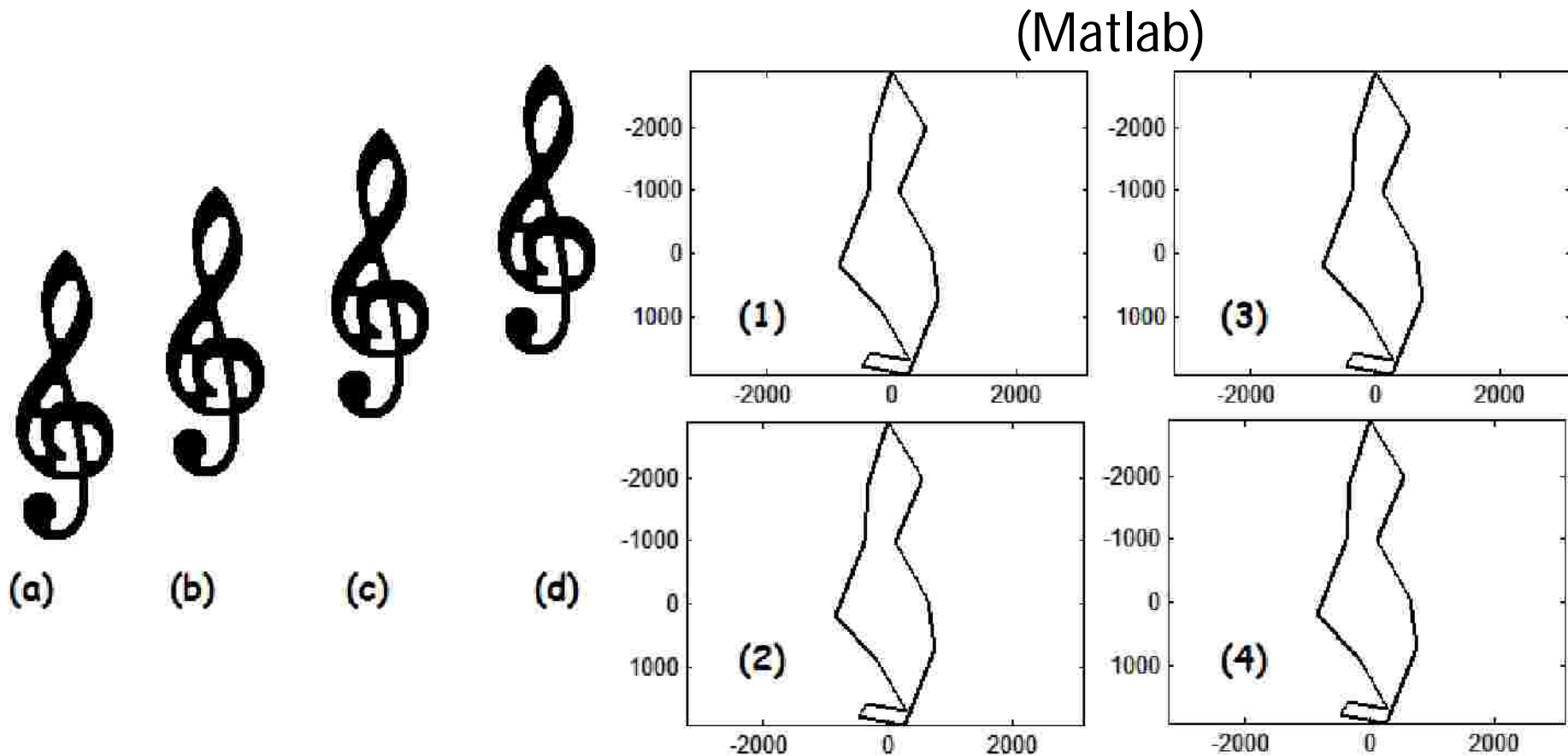
- Quantos utilizar?



- Descritores podem conter invariância?

Invariância dos Descritores

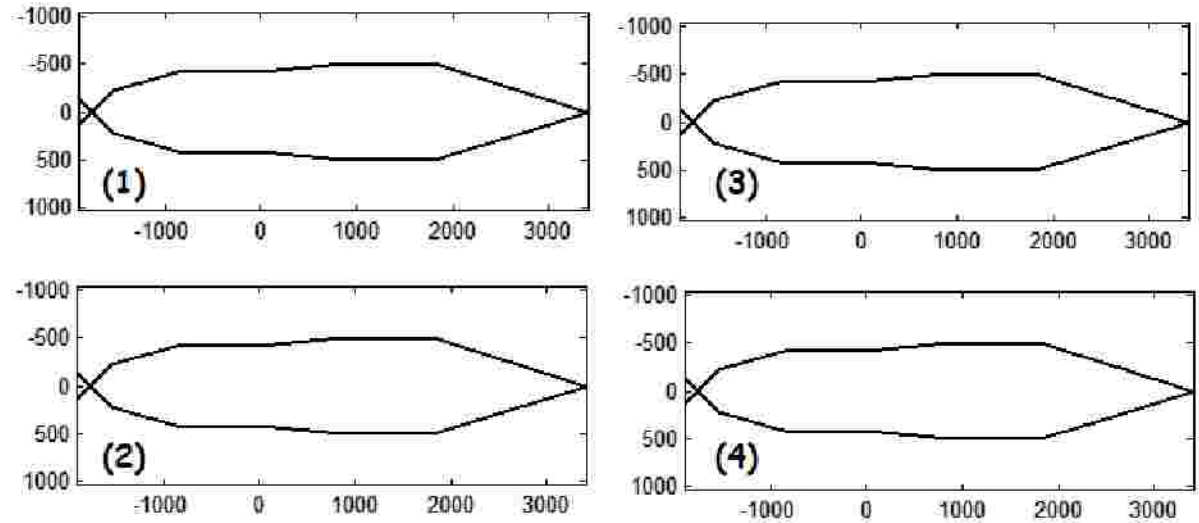
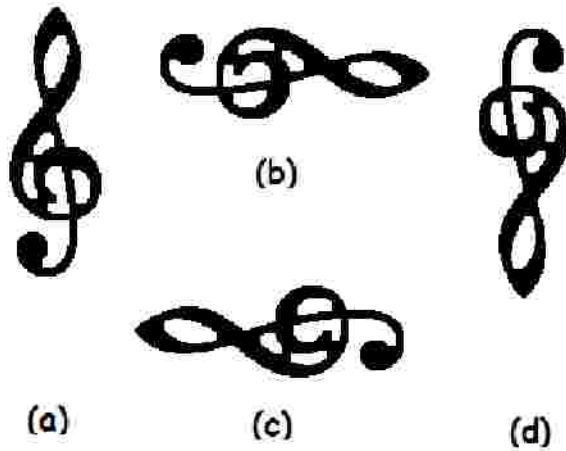
- Invariância a translação?



Invariância dos Descritores

- Invariância a rotação?

(Matlab)

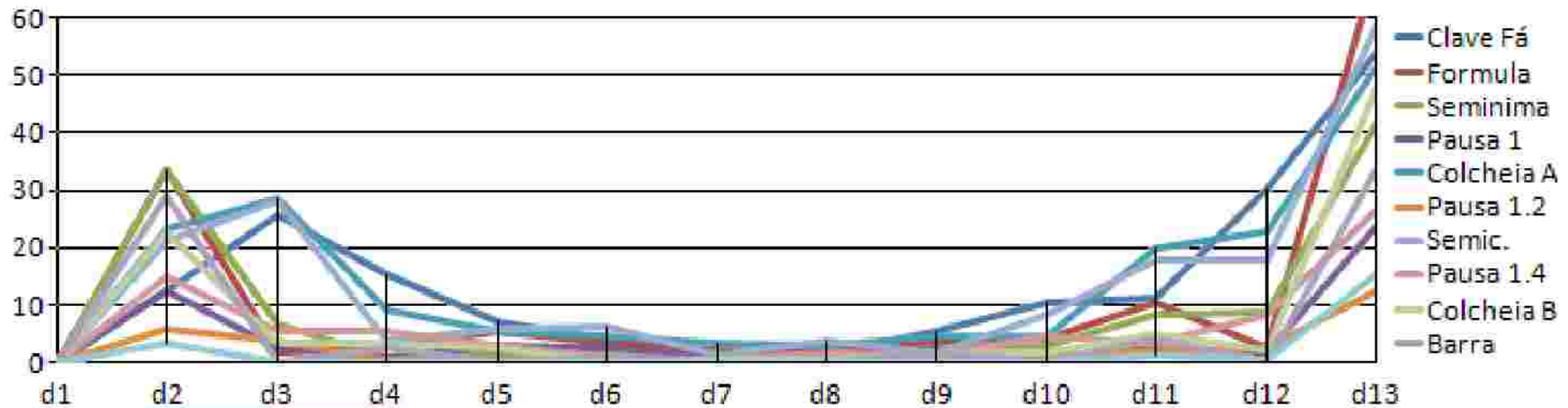


Resultado Invariância

- Valores foram modificados



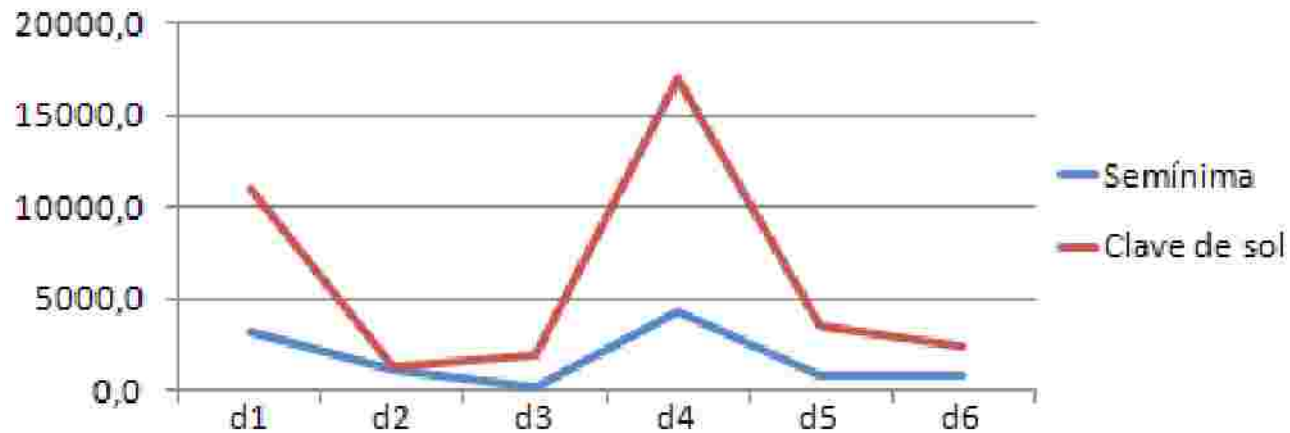
Experimento 3 sem repetição



- Mais significativos D2, D3, D4 , D11, D12, D13
- Se utiliza na classificação estes seis descritores

Classificação

- Analise da forma (assinatura)



- Valores para comparação

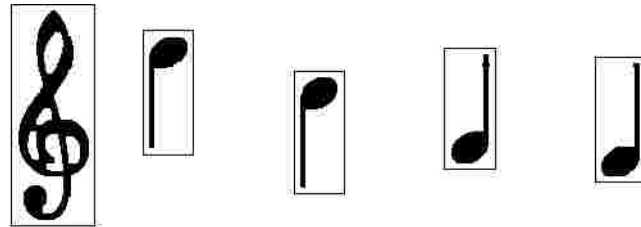
Nome	D1 Entre	D2 Entre	D3 Entre	D4 Entre	D5 Entre	D6 Entre
Clave de sol	10900 e 10910	1360 e 1370	1890 e 1900	17095 e 17100	3515 e 3520	2390 e 2400
Semínima	2730 e 3700	610 e 1770	40 e 400	3540 e 5100	750 e 1000	520 e 1000

Classificação

- Svm
 - ideal para comparações binárias
 - “Um contra todos”
 - Baixa taxa de acertos
- Árvore de decisão
 - Regras de acordo com forma

Testes Classificação

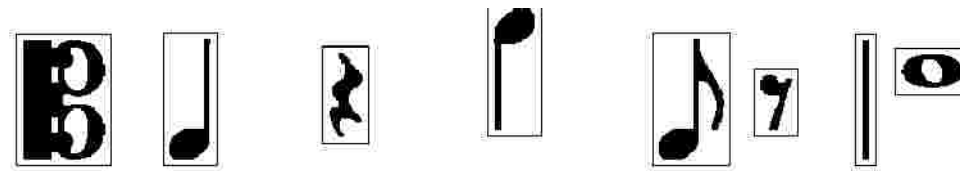
- Experimento 1



[Clave de sol, Semínima, Semínima, Semínima, Semínima]

Testes Classificação

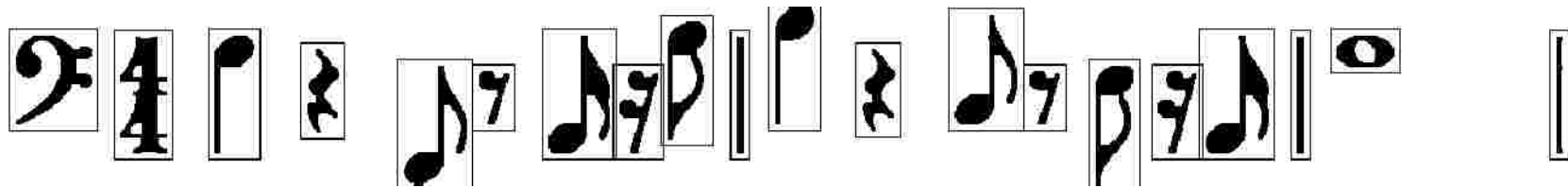
- Experimento 2 – Adicionando formas



[Clave de Do, Semínima, Pausa 1/1, Semínima, Colcheia, Pausa 1/2, Barra Compasso, Semibreve]

Testes Classificação

- Experimento 3

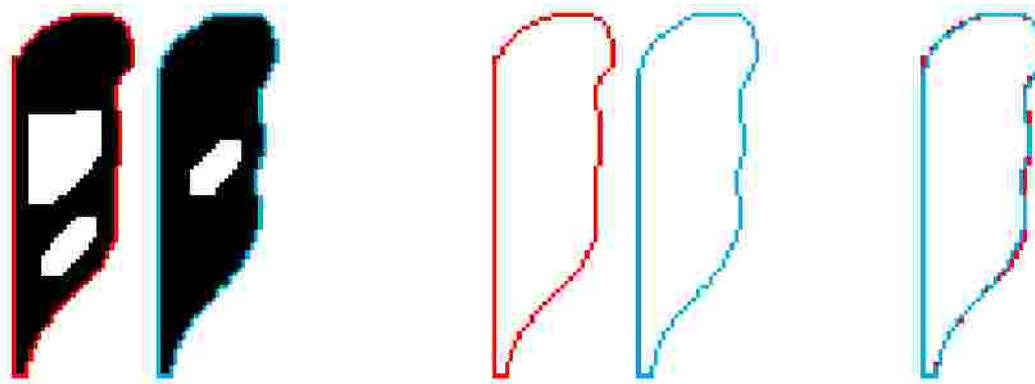


[Clave de fa, Formula 44, Semínima, Pausa 1/1, Colcheia, Pausa 1/2, Semicolcheia, Pausa 1/4, Colcheia, Barra Compasso, Semínima, Pausa 1/1, Colcheia, Pausa 1/2, Colcheia, Pausa 1/4, Semicolcheia, Barra Compasso, Semibreve, Barra Compasso]

Testes Classificação

- Formas semelhantes

Semicolcheia - Fusa



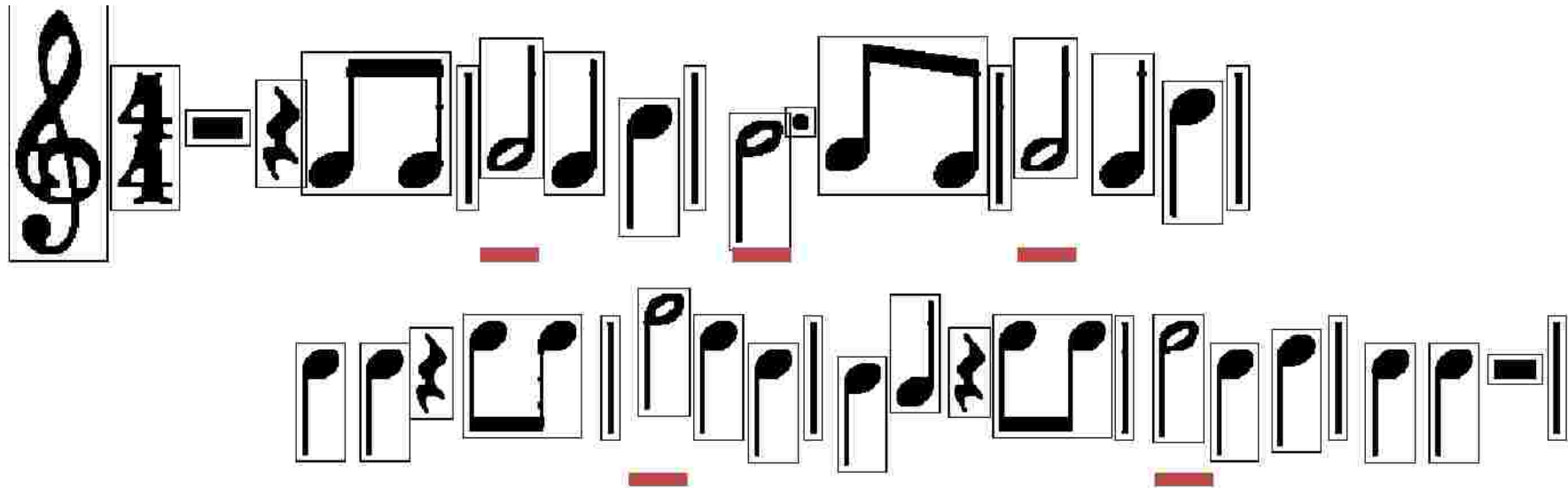
Conclui-se:

Formas muito semelhantes

Necessidade de outras características

Testes Classificação

- Experimento 5 - "Parabéns pra Você"

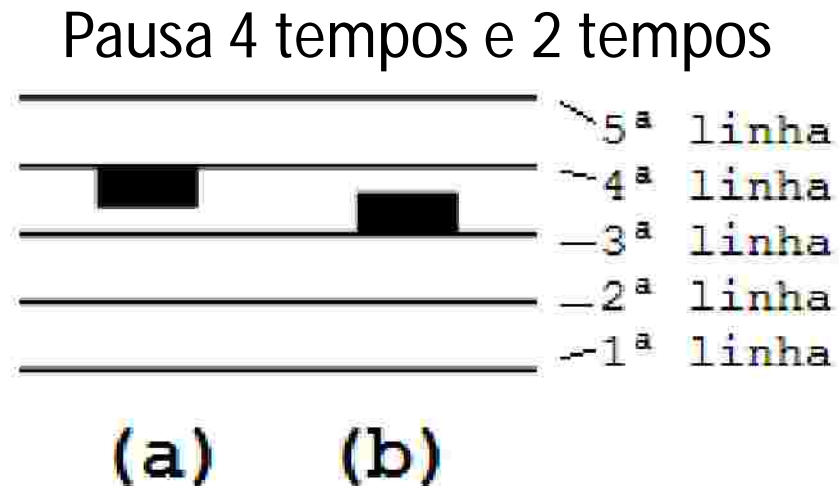


[Clave de sol, Formula 44, Pausa 2/1, Pausa 1/1, Abreviacao 2s, Barra Compasso, Semínima, Semínima, Semínima, Barra Compasso, Semínima, Ponto, Abreviacao 2s, Barra Compasso, Semínima, Semínima, Semínima, Barra Compasso, Semínima, Semínima, Pausa 1/1, Abreviacao 2s, Barra Compasso, Semínima, Semínima, Semínima, Barra Compasso, Semínima, Semínima, Pausa 2/1, Barra Compasso]

Mínima e semínima, Pausa de 2 e 4 tempos?

Testes Classificação

- Formas semelhantes



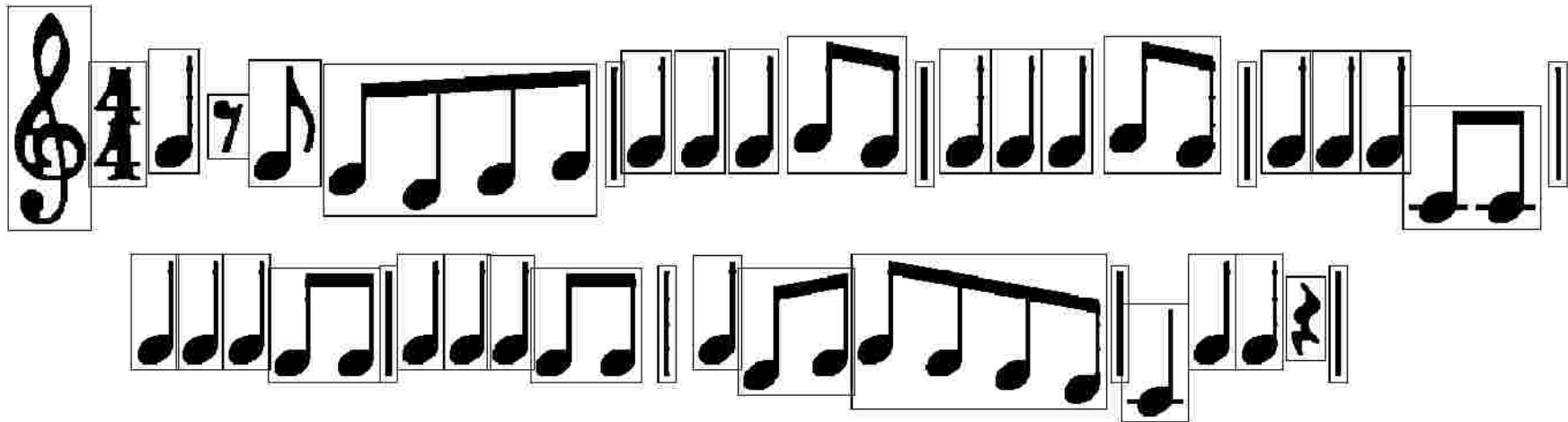
Conclui-se:

Formas Idênticas

Necessidade da características de altura/posição

Testes Classificação

- Experimento 6 - "Atirei o pau no gato"



[Clave de sol, Formula 44, Semínima, Pausa 1/2, Colcheia, Abreviacao 4s, Barra Compasso, Semínima, Semínima, Semínima, Abreviacao 2s, Barra Compasso, Semínima, Semínima, Semínima, Abreviacao 2s, Barra Compasso, Semínima, Semínima, Semínima, Abreviacao 2s, Barra Compasso, Semínima, Semínima, Semínima, Abreviacao 2s, Barra Compasso, Semínima, Abreviacao 2s, Abreviacao 4s, Barra Compasso, Semínima, Semínima, Semínima, Pausa 1/1, Barra Compasso]

Testes Classificação

Das diferentes formas:

77 % de acertos

Falhou na comparação entre:

Semicolcheia com Fusa

Pausa de 2 e 4 tempos

Mínima e Semímina

Conclusões

- A remoção da pauta separa os símbolos
- Descritores de Fourier é um caminho
- Dificuldades com JavaCv

Limitações

- Características Internas da forma
- Posição no caso da pausa 2 e 4 tempos
- Aceita apenas uma pauta por execução

Extensões

- Melhorar o método de remoção das linhas de pauta permitindo a entrada de uma imagem em posição não horizontal;
- Melhorar o método de segmentação para abranger notas musicais que possuam partes não unidas, como a clave de fá;
- Melhorar o método de comparação com SVM ou Rede Neural;
- Adicionar semântica e reconstrução dos símbolos musicais;
- Permitir exportar o conteúdo do resultado para formatos de arquivo de notação musical, como o MusicXML

Demonstração

Obrigado!