

# Reconstrução de curvas por meio de características robustas extraídas de imagens

André Luís Mendes Fakhoury

NUSP: 4482145

[andrefakhoury@usp.br](mailto:andrefakhoury@usp.br)

Orientador: João do Espírito Santo Batista Neto

Vinculado ao projeto: “Mapeamento de características robustas entre diferentes domínios e espaços  $\mathbb{R}^2$  e  $\mathbb{R}^3$ ”

Iniciação Científica

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC  
Universidade de São Paulo - USP

21 de maio de 2020

# Sumário

Introdução

Pré-processamento

Curvatura

Extração das características robustas

Reconstrução de curvas

Validação

Referências



# Sumário

Introdução

Pré-processamento

Curvatura

Extração das características robustas

Reconstrução de curvas

Validação

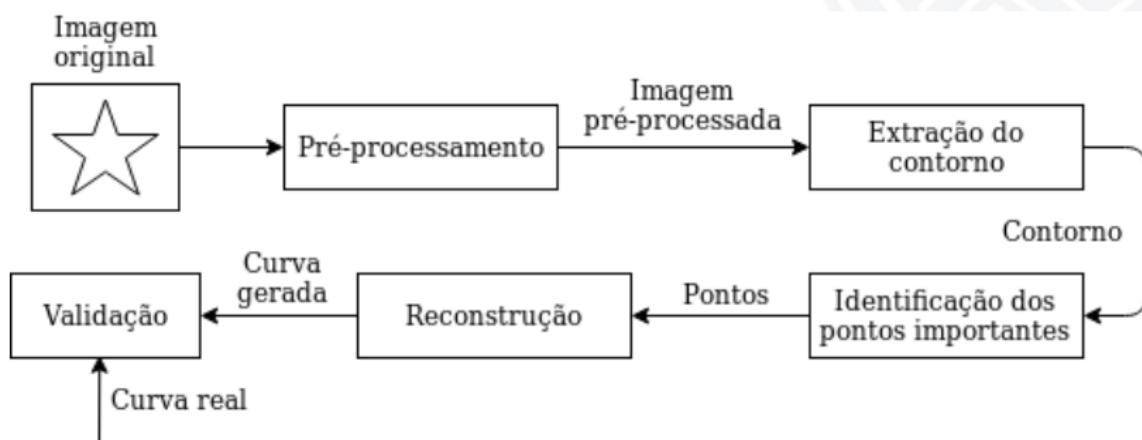
Referências



# Introdução

## Visão geral

Figura: Diagrama de bloco das etapas de desenvolvimento



# Sumário



Introdução

Pré-processamento

Curvatura

Extração das características robustas

Reconstrução de curvas

Validação

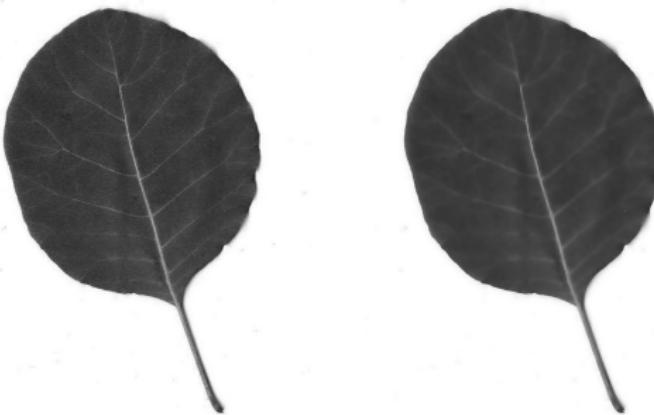
Referências

# Pré-processamento

## Suavização

- "Borrar" a imagem, eliminando alguns ruídos.
- Utilização de filtro gaussiano, Perona-Malik ou outros.

**Figura:** Imagem original em tons de cinza e suavizada.

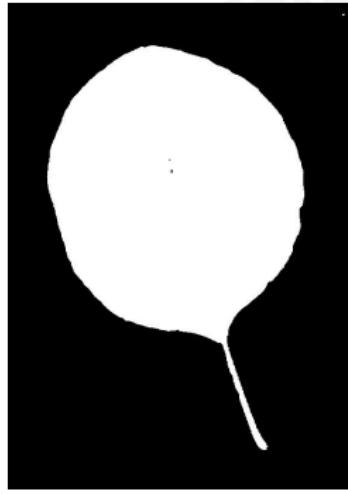


# Pré-processamento

## Binarização

- Segmentar os pixels em dois conjuntos
- Limiarização por Otsu

Figura: Binarização por Otsu



# Pré-processamento

## Operadores Morfológicos

A partir de um conjunto de pixels  $A$ , elemento estruturante  $B$  e valores de *foreground*  $z$ , podemos definir:

- **Erosão:** “Diminuir” a imagem, removendo pequenas “ilhas”.

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\}$$

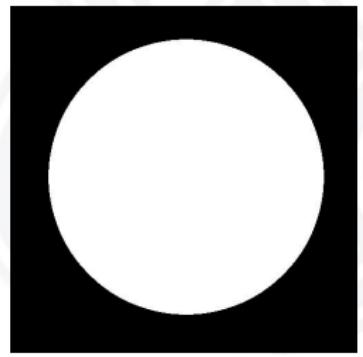
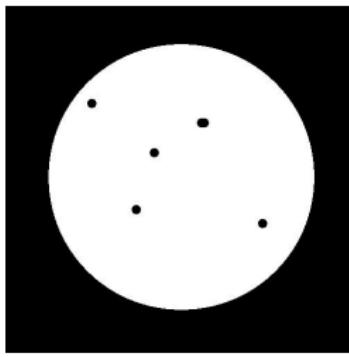
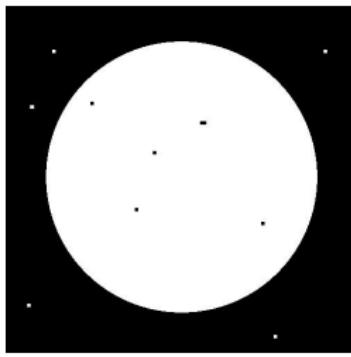
- **Dilatação:** “Engordar” a imagem, tapando pequenos “buracos”.

$$A \oplus B = \{z | (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\}$$

# Pré-processamento

## Operadores Morfológicos

Figura: Erosão seguida de dilatação

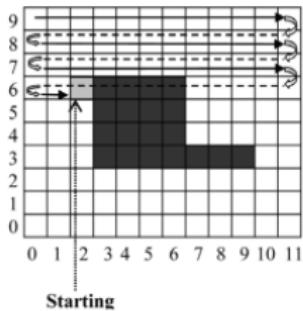


# Pré-processamento

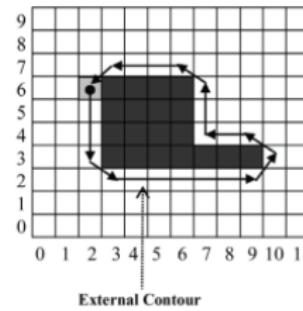
## Extração do contorno

- Com a imagem já processada, fica fácil extrair o contorno.
- Acompanha a borda do objeto, e verifica se seus vizinhos também pertencem ao objeto.

**Figura:** Método *contour following* [1]



(a)

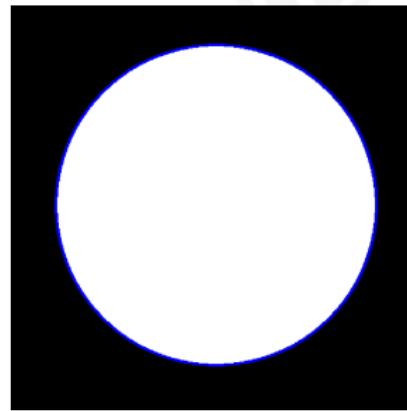
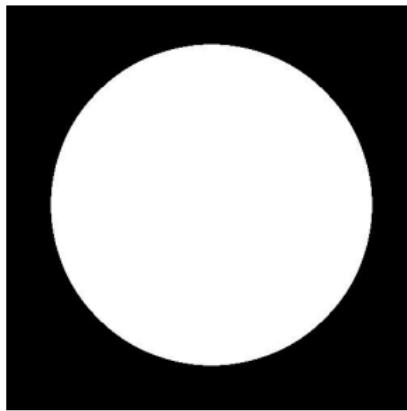


(b)

# Pré-processamento

## Extração do contorno

Figura: Em azul, o contorno extraído do objeto



# Sumário

Introdução

Pré-processamento

**Curvatura**

Extração das características robustas

Reconstrução de curvas

Validação

Referências



# Curvatura

## Definição

Seja uma curva regular parametrizada por  $t \rightarrow (x(t), y(t))$ , em que  $x(t)$  e  $y(t)$  são funções de classe  $C^2$ . Sua curvatura é dada por:

$$\kappa(t) = \frac{x'(t)y''(t) - y'(t)x''(t)}{(x'(t)^2 + y'(t)^2)^{3/2}}$$

# Curvatura

## Discreta

- As curvas extraídas das imagens serão um conjunto de posições dos pixels da imagem original, ordenadas de certa forma conveniente.
- "Aproximação" pela utilização de operações vetoriais: cada posição é representada por um ponto  $(x, y)$ .

# Sumário

Introdução

Pré-processamento

Curvatura

**Extração das características robustas**

Reconstrução de curvas

Validação

Referências

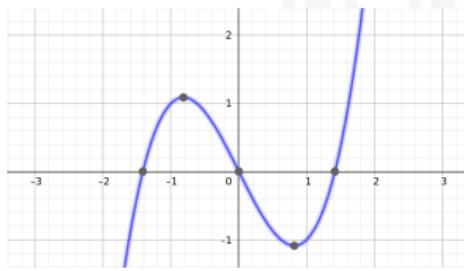
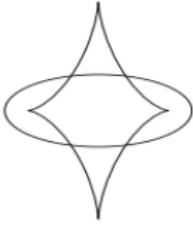


# Características robustas em $\mathbb{R}^2$

## Definição

- Pontos de inflexão e vértices (pontos extremantes).
- Pelo teorema dos quatro vértices [2], toda curva fechada e simples tem, pelo menos, quatro vértices.

Figura: À esquerda, 4 vértices de uma elipse [3] e, à direita, pontos importantes de uma curva com  $\kappa(x) = x^3 - 2x$



# Sumário

Introdução

Pré-processamento

Curvatura

Extração das características robustas

**Reconstrução de curvas**

Validação

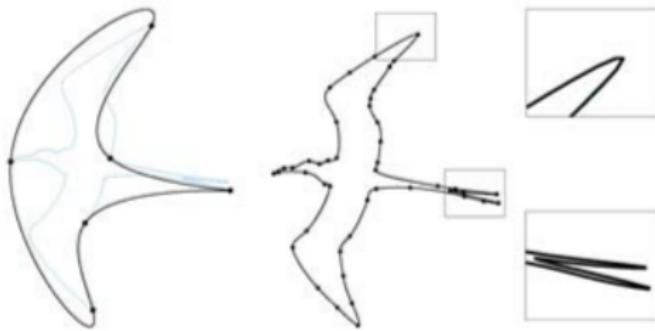
Referências



# Reconstrução de curvas

- Representação a partir de curvas lineares por partes.
- Operadores de Laplace discretos.

Figura: Reconstrução de uma curva fechada [4]



# Sumário

Introdução

Pré-processamento

Curvatura

Extração das características robustas

Reconstrução de curvas

Validação

Referências



# Validação

- Comparação entre a curva obtida pela reconstrução e a curva original.
- Utilização de alguma métrica de distância: quanto menor a distância, menor o erro do algoritmo.

# Sumário

Introdução

Pré-processamento

Curvatura

Extração das características robustas

Reconstrução de curvas

Validação

Referências



# Referência Bibliográfica I

-  L. DA FONTOURA COSTA AND R. M. C. JR, *Shape Classification and Analysis*, CRC Press, Boca Raton, 2 ed., 2009.
-  M. P. DO CARMO, *Geometria Diferencial de Curvas e Superfícies*, SBM, São Paulo, 2014.
-  S. IZUMIYA, M. D. C. R. FUSTER, M. A. S. RUAS, AND F. TARI, *Differential Geometry From A Singularity Theory Viewpoint*, World Scientific, Singapura, 2015.
-  O. SORKINE, *Differential representations for mesh processing*, Computer Graphics Forum, 25 (2006), pp. 789–807.