

Universidade de São Paulo  
Instituto de Matemática e Estatística  
Bachalerado em Ciência da Computação

Pedro Ferreira Alexandre

**Segmentação de imagens  
pela Transformada Imagem-Floresta  
em grafos de superpixels**

São Paulo  
Fevereiro de 2017

# Segmentação de imagens pela Transformada Imagem-Floresta em grafos de superpixels

Monografia final da disciplina  
MAC0499 – Trabalho de Formatura Supervisionado.

Supervisor: Prof. Dr. Paulo Miranda

São Paulo  
Fevereiro de 2017

# Resumo

Elemento obrigatório, constituído de uma sequência de frases concisas e objetivas, em forma de texto. Deve apresentar os objetivos, métodos empregados, resultados e conclusões. O resumo deve ser redigido em parágrafo único, conter no máximo 500 palavras e ser seguido dos termos representativos do conteúdo do trabalho (palavras-chave).

**Palavras-chave:** palavra-chave1, palavra-chave2, palavra-chave3.



# Abstract

Elemento obrigatório, elaborado com as mesmas características do resumo em língua portuguesa.

**Keywords:** keyword1, keyword2, keyword3.



# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Descrição do problema . . . . .	1
1.1.1	Agrupamento de pixels . . . . .	2
1.2	Objetivos . . . . .	3
1.3	Organização do trabalho . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Conceitos e ferramentas</b>	<b>5</b>
2.1	Algoritmos . . . . .	5
2.1.1	SLIC . . . . .	5
2.1.2	IFT . . . . .	5
2.2	Geração de sementes para a IFT . . . . .	6
2.2.1	Erosão . . . . .	6
2.2.2	Geração de sementes . . . . .	9
2.3	Coeficiente de Dice . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Experimentos</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Conclusões</b>	<b>13</b>
<b>A</b>	<b>Título do apêndice</b>	<b>15</b>
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>17</b>





# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Descrição do problema

Quando trabalhamos com imagens nem sempre imaginamos quantos cálculos são necessários para realizar pequenas alterações. A maioria das fotos são compostas por mais de 1 milhão de pixels, e cada operação que envolva essa imagem, se não for devidamente otimizada, pode ter que ser repetida milhões de vezes.

No entanto, uma imagem, geralmente, contém diversas áreas redundantes, sendo assim os mesmos cálculos podem estar sendo feitos repetidamente, e portanto são desperdício de tempo e computação.



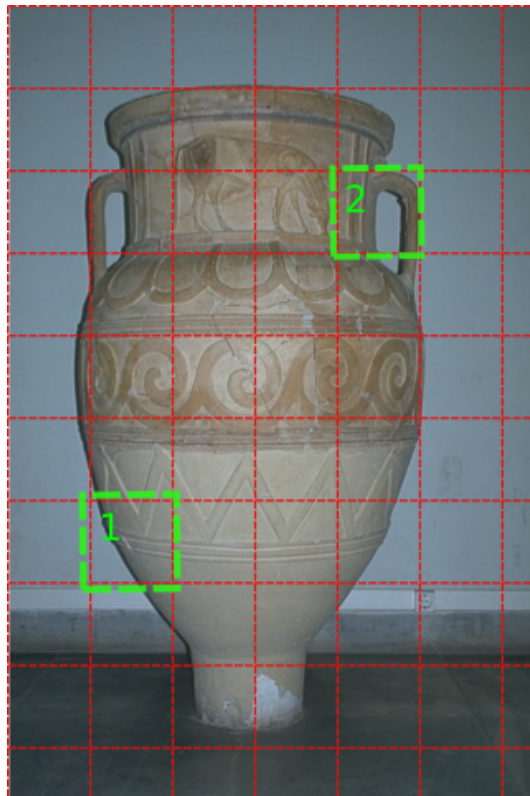
**Figura 1.1:** *Imagem com áreas redundantes.*

### 1.1.1 Agrupamento de pixels

Para tentar solucionar isso poderíamos dividir a imagem, agrupando os pixels em regiões, e então economizaríamos operações aplicadas a pixels que estivessem na mesma região.

#### Abordagem trivial

Uma forma simples de representar as regiões seria através de linhas paralelas às bordas da imagem, como a seguir:



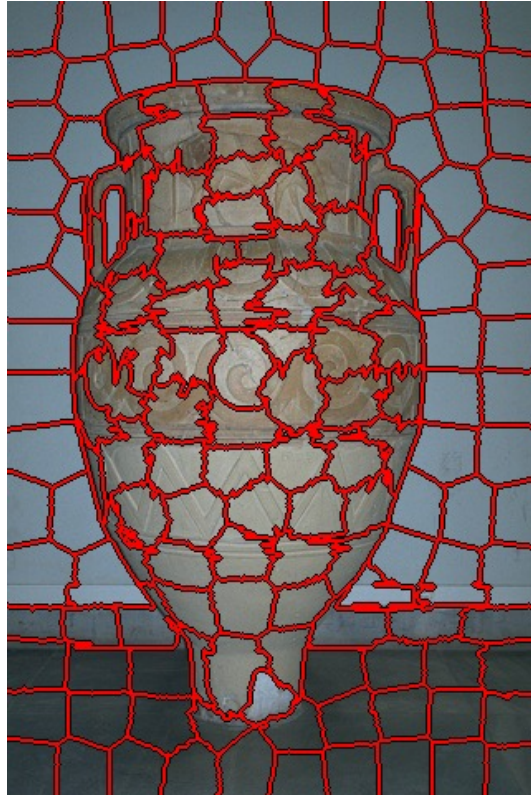
**Figura 1.2:** *Imagem superpixels em gride.*

Pode-se notar com essa solução, que uma região específica pode conter um agrupamento de pixels que contenha dois pixels  $P_1$  e  $P_2$  tais que as características destes são muito distintas entre si, e portanto não seria correto tratá-los da mesma forma.

#### Abordagem elaborada

A técnica de superpixels consiste em agrupar pixels de uma imagem e classificá-los em regiões atômicas significantes, podendo substituir a estrutura rígida dos pixels, sempre tentando preservar as características desta imagem, como bordas e cores.

Um superpixel é uma representação para uma região redundante da imagem. O uso dessa estrutura pode reduzir consideravelmente a complexidade de processamentos subsequentes que envolvam a imagem. A estrutura de super pixels se tornou parte importante de muitos algoritmos de computação visual, tais como: segmentação, estimativa de modelo corporal, e reconhecimento de objetos.



**Figura 1.3:** *Imagem superpixels SLIC.*

Pode-se notar a partir da imagem criada pelo SLIC que os contornos da imagem são preservados na maioria dos casos, e os pixels contidos em um superpixel podem receber o mesmo tratamento sem muita perda de informação.

Recentemente, superpixels tem atraído interesse por possibilitar rápida segmentação e uma descrição de características melhor do que janelas de tamanho fixo envolvendo os pixels.

## 1.2 Objetivos

A proposta deste trabalho é avaliar o desempenho em termos de acurácia para um algoritmo específico aplicado a uma imagem pré-processada e agrupada por regiões, superpixels, comparado com a aplicação do mesmo algoritmo na imagem a nível de pixels.

O algoritmo aplicado para a comparação dos resultados será a Transformada Imagem-Floresta (IFT - Image Foresting Transform) [Falcão et al. \(2004\)](#). O Algoritmo da IFT será usado para separar objetos do fundo em uma imagem. Para aplicar a IFT sobre os superpixels é preciso realizar um pré-processamento da imagem para a criação dessa estrutura. Existem alguns métodos conhecidos para a criação dos superpixels como:

No artigo [Rauber et al. \(2013\)](#) foi realizado um trabalho semelhante, da aplicação da IFT sobre imagens em pixels e superpixels. Embora o método de segmentação em superpixels utilizado não seja considerado o mais atual os resultados foram satisfatórios.

Neste trabalho vou verificar o comportamento do algoritmo da IFT ao utilizar o SLIC [Rauber \*et al.\* \(2013\)](#) , um dos métodos mais atuais para a criação dos superpixels, e comparar os resultados ao desempenho da IFT a nível de pixels.

## 1.3 Organização do trabalho

# Capítulo 2

## Conceitos e ferramentas

### 2.1 Algoritmos

Essa seção explicará em detalhes as ferramentas e alguns conceitos utilizados nesse trabalho.

Primeiramente será explicado o que é o SLIC e algumas diferenças para seus principais concorrentes. Logo em seguida descreveremos em mais detalhes o algoritmo da IFT, que é o algoritmo que será utilizado nos experimentos.

Também será explicado o conceito de erosão de uma imagem e a geração de sementes para o algoritmo da IFT por erosão. Por fim, terá uma apresentação do Coeficiente de Dice, utilizado nesse trabalho para verificação da acurácia do método aplicado.

#### 2.1.1 SLIC

Simple linear iterative clustering [Achanta \*et al.\* \(2012\)](#) é um método para geração superpixels baseado em gradientes ascendentes. Algoritmos dessa classe utilizam-se de múltiplas iterações para refinar um conjunto de pixels, até que um critério seja satisfeito, para a formação de um superpixel.

Esse algoritmo é mais rápido, utiliza menos memória, realiza ótima aderência com bordas e fronteiras de objetos na imagem, e melhora a performance de algoritmos de segmentação. Simple linear iterative clustering é uma adaptação do k-means para a geração de superpixels, com duas importantes distinções:

- O número de cálculos de distância é drasticamente reduzido ao limitar o espaço de busca para uma região proporcional ao tamanho do superpixel. Isso faz com que a complexidade seja reduzida a linear no número de pixels  $N$  e independente do número de superpixels  $k$ .
- Uma medida ponderada de distância que combina cor e proximidade espacial, promovendo controle sobre o tamanho e a compacidade dos superpixels.

#### 2.1.2 IFT

A Transformada Imagem-Floresta (IFT - Image Foresting Transform) reduz problemas de processamento de imagem baseados em conectividade ao cálculo de uma floresta de caminhos

ótimos no grafo derivado da imagem, seguido de um pós-processamento simples de atributos da floresta resultante, como visto em Falcão *et al.* (2004).

O Algoritmo da IFT pode ser usado para separar objetos do fundo em uma imagem. Nesse caso a IFT realiza uma busca através dos elementos da imagem, a partir de sementes iniciais que podem ser de objeto ou de fundo, por vizinhos similares. No decorrer da busca, elementos são conquistados virando objeto ou fundo e formando o conjunto final, que se trata de uma imagem binária.

## 2.2 Geração de sementes para a IFT

Nessa seção será discutido o uso de sementes na IFT, e a técnica de erosão de imagens para a geração dessas sementes. Para isso, será discutido o conceito de erosão de uma imagem, técnica utilizada nos experimentos da última seção para geração das sementes.

### 2.2.1 Erosão

A erosão (usualmente representada por  $\ominus$ ) e a dilatação são consideradas as duas operações fundamentais do processamento morfológico de imagens, sendo assim, todas as outras operações são baseadas nelas.

Em morfologia binária, uma imagem é vista como um sub-conjunto de um espaço Euclidiano  $\mathbb{R}^d$  ou o conjunto de inteiros  $\mathbb{Z}^d$ , para alguma dimensão  $d$ .

A ideia básica em uma morfologia binária é examinar uma imagem utilizando um objeto simples com formato pré-definido, e decidir se esse objeto se enquadra nos objetos presentes na imagem. Esse objeto de examinação é chamado de elemento estrutural, e é uma imagem também.

Seja  $E$  um espaço Euclidiano ou um gride de inteiros, e  $A$  uma imagem binária em  $E$ . A **erosão** de uma imagem binária  $A$  produzida pelo elemento estruturante  $B$  é definida por:

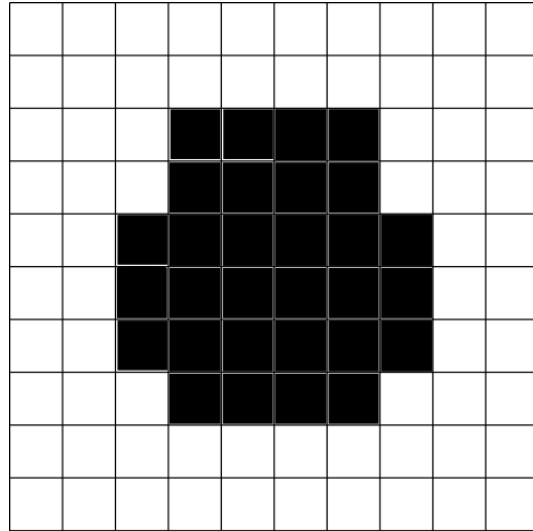
$$A \ominus B = \{z \in E | B_z \subseteq A\} \quad (2.1)$$

Onde  $B_z$  é a translação de  $B$  dada pelo vetor  $z$ , i.e.,

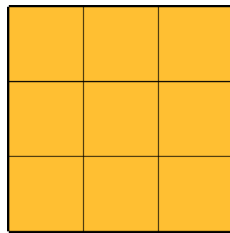
$$B_z = \{b + z | b \in B\}, \forall z \in E \quad (2.2)$$

**Exemplo:**

Dada a imagem binária  $A$  (2.1) a seguir e o elemento estruturante  $B$  (2.1)

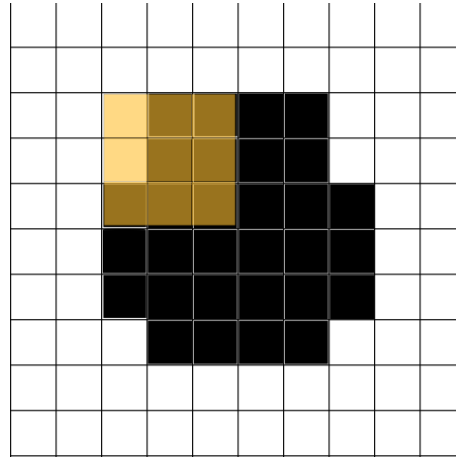


**Figura 2.1:**  $A$



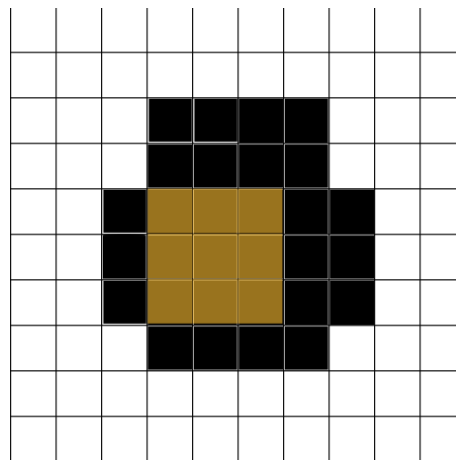
**Figura 2.2:**  $B$

Aplicando-se o elemento estruturante  $B$  em cada elemento da imagem  $A$ , encontraremos elementos que não pertencem a  $A \ominus B$ , por exemplo o elemento centralizado no meio do elemento estruturante da imagem (2.3)



**Figura 2.3**

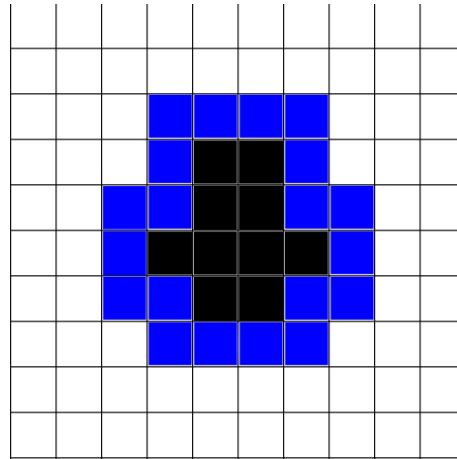
E também podem existir elementos que pertencem a  $A \ominus B$ , por exemplo o elemento centralizado no meio do elemento estruturante, como mostrado na imagem (2.4).



**Figura 2.4**

O resultado da operação de erosão,  $A \ominus B$ , será dado pela imagem (2.5).





**Figura 2.5**

### 2.2.2 Geração de sementes

#### Sementes na IFT

O algoritmo da IFT é inicializado a partir de sementes do fundo e do objeto, a partir dessas sementes o algoritmo busca por segmentos da imagem que pertençam ao mesmo objeto que a semente especificada. Por exemplo, se a IFT receber uma semente de fundo em uma iteração, ela vai percorrer os arredores daquela semente se guiando através de pixels ou regiões semelhantes, para classificá-las como regiões do fundo dessa imagem.

#### Sementes por erosão

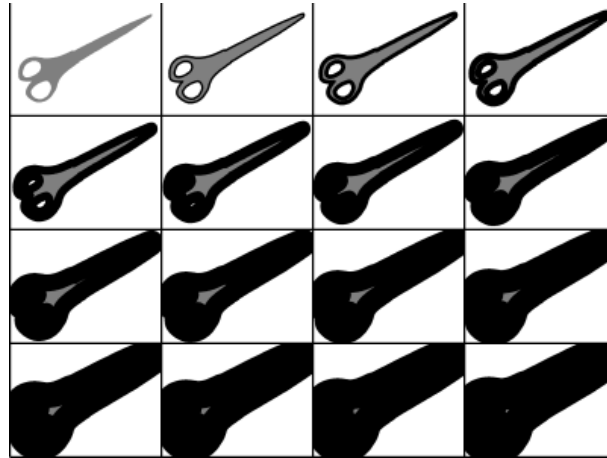
Uma forma de gerar as sementes é através da erosão da imagem do gabarito, que é uma imagem binária que separa o fundo do objeto. Aplicando a erosão no gabarito com raios diferentes é possível gerar uma variação de imagens para serem utilizadas como sementes da IFT. Se for realizado um processo de erosão partindo do raio 0 até o raio máximo de erosão gera-se imagens distorcidas, gradualmente, onde a imagem de raio zero pode ser considerada uma semente extremamente significativa, até se tornar uma semente bem pouco significativa quando o raio é máximo.

Dada uma imagem, por exemplo



**Figura 2.6:** *scissors*, base de dados pública do grabcut

Se aplicarmos a erosão do gabarito, obtemos uma semente diferente para os diversos raios de erosão. Na imagem seguinte mostro uma imagem variando seu raio de erosão de 0 (imagem sem erosão) até 45.



**Figura 2.7:** raio 0 até 45, de 5 em 5.

## 2.3 Coeficiente de Dice

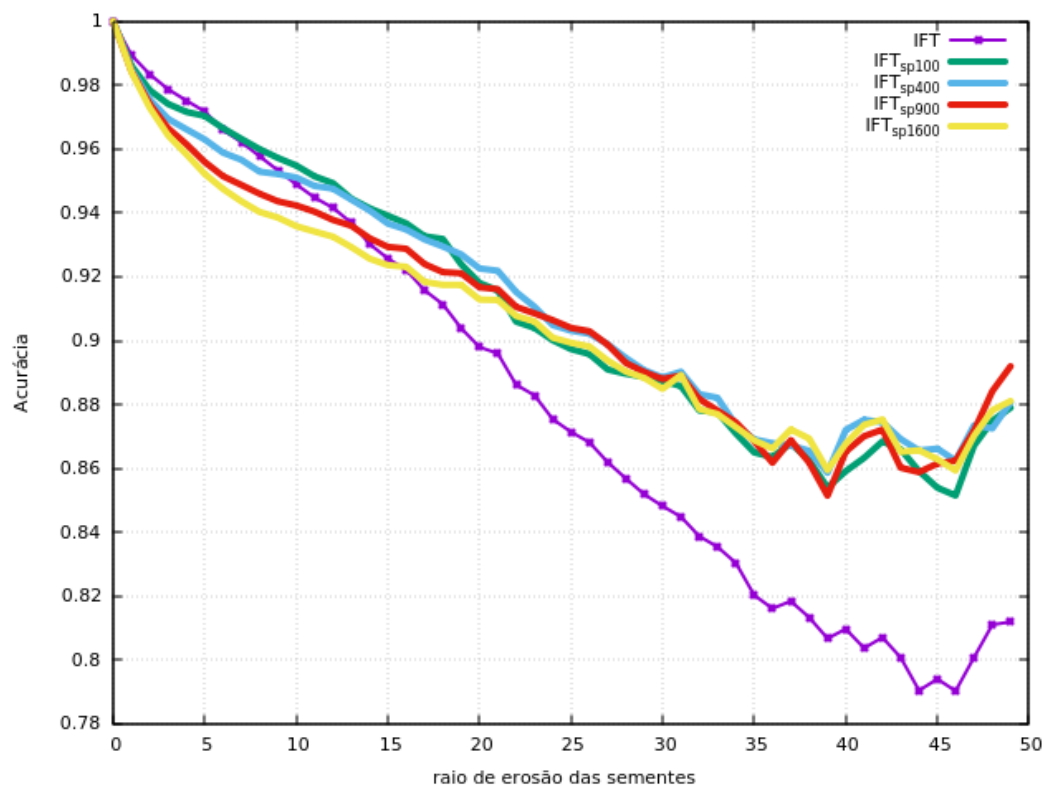
Esse coeficiente também é conhecido por outros nomes, tais como: Índice de Sorensen ou Coeficiente de Sorensen-Dice. Essa medida é uma estatística usada para comparar a semelhança entre duas amostras. Também é conhecido como F1 score.

A aplicação da fórmula original era destinada para a verificação de presença ou ausência de uma informação específica.

$$CSD = \frac{2|X \cap Y|}{|X| + |Y|}$$

# Capítulo 3

## Experimentos



**Figura 3.1:** *resultados dos experimentos*



## Capítulo 4

## Conclusões



# Apêndice A

## Título do apêndice





# Referências Bibliográficas

- Achanta et al.(2012)** Radhakrishna Achanta, Appu Shaji, Kevin Smith, Aurelien Lucchi, Pascal Fua, Fellow e Sabine Susstrunk. Slic superpixels compared to state-of-the-art superpixel methods. 34(11). Citado na pág. [5](#)
- Falcão et al.(2004)** Alexandre X. Falcão, Jorge Stolfi e Roberto de Alencar Lotufo. The image foresting transform: Theory, algorithms, and applications. 26(1):19–28. Citado na pág. [3](#), [6](#)
- Rauber et al.(2013)** Paulo E. Rauber, Alexandre X. Falcão, Thiago V. Spina e Pedro J. de Rezende. Interactive segmentation by image foresting transform on superpixel graphs. Em *XXVI Conference on Graphics, Patterns and Images*, páginas 131–138. Citado na pág. [3](#), [4](#)