

# Um estudo quantitativo sobre a evolução de movimentos artísticos



Vilson Vieira

Instituto de Física de São Carlos  
Universidade de São Paulo  
Departamento de Física e Ciência dos Materiais  
Grupo de Computação Interdisciplinar

18 de agosto de 2014



# Estrutura da apresentação

## 1 Introdução

- Motivação
- Objetivos
- Metodologia

## 2 Caso de estudo

- Base de imagens
- Artistas escolhidos
- Características do Barroco
- Características da Arte Moderna
- Sumário de características

## 3 Análise das pinturas

- Etapas para processamento das imagens

## ● Janelamento

- Pré-processamento
- Segmentação
- Pós-processamento
- Atributos extraídos
- Seleção de atributos

## 4 Resultados

- Resultados para melhores atributos
- Releitura do Barroco
- Releitura da Arte Moderna

## 5 Conclusões

## 6 Referências

# Estrutura da apresentação

## 1 Introdução

- Motivação
- Objetivos
- Metodologia

## 2 Caso de estudo

## 3 Análise das pinturas

## 4 Resultados

## 5 Conclusões

## 6 Referências

# Introdução

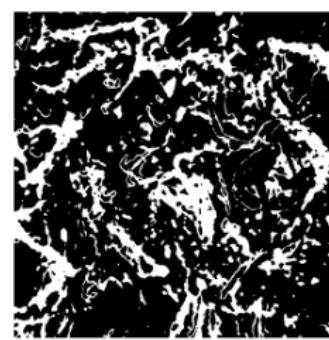
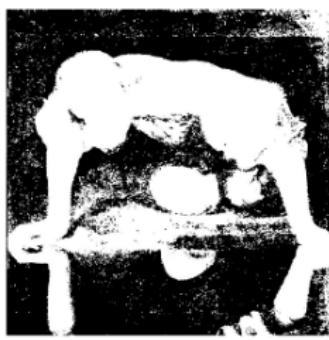
- ▶ Características das obras estão em constante transformação.
- ▶ Comum a todas as formas de arte.
- ▶ A Pintura possui vários exemplos deste fenômeno.

# Introdução

- ▶ Características das obras estão em constante transformação.
- ▶ Comum a todas as formas de arte.
- ▶ A Pintura possui vários exemplos deste fenômeno.

## Introdução

- ▶ Características das obras estão em constante transformação.
  - ▶ Comum a todas as formas de arte.
  - ▶ A Pintura possui vários exemplos deste fenômeno.



**Figura 1 :** Evolução da forma: Pinturas de Caravaggio, Picasso e Pollock. *Fonte:* Wikipedia.



**Figura 2 :** Evolução da profundidade e proporção: *Quarto em Arles*, Van Gogh (1889). *Fonte: Wikipedia.*



**Figura 3 :** Evolução da intensidade de luz (*chiaroscuro*): Pinturas de Caravaggio e Velázquez. *Fonte: Wikipedia.*

# Motivação

- ▶ Estas diferenças e semelhanças possibilitam este estudo.
  - ▶ É possível analisá-las de forma quantitativa?
  - ▶ Confirma ou refuta a História da Arte?

## Objetivos

- ▶ Analisar a evolução de estilos artísticos de maneira quantitativa.
  - ▶ Empregar conceitos qualitativos (e.g. dialética) de maneira quantitativa.
  - ▶ Interpretar a análise quantitativa, comparando-a com a História das Artes.

## Objetivos

- ▶ Analisar a evolução de estilos artísticos de maneira quantitativa.
  - ▶ Empregar conceitos qualitativos (e.g. dialética) de maneira quantitativa.
  - ▶ Interpretar a análise quantitativa, comparando-a com a História das Artes.

## Objetivos

- ▶ Analisar a evolução de estilos artísticos de maneira quantitativa.
  - ▶ Empregar conceitos qualitativos (e.g. dialética) de maneira quantitativa.
  - ▶ Interpretar a análise quantitativa, comparando-a com a História das Artes.

# Metodologia

- ▶ Escolha de representantes de dois períodos distintos.
- ▶ Construção de uma base de dados de pinturas.
- ▶ Processamento de imagens para extração de características.
- ▶ Seleção das melhores características.
- ▶ Confirmação por LDA.
- ▶ Cálculo de medidas de oposição, inovação e dialética.
- ▶ Interpretação com base na História da Arte.

# Metodologia

- ▶ Escolha de representantes de dois períodos distintos.
- ▶ Construção de uma base de dados de pinturas.
- ▶ Processamento de imagens para extração de características.
- ▶ Seleção das melhores características.
- ▶ Confirmação por LDA.
- ▶ Cálculo de medidas de oposição, inovação e dialética.
- ▶ Interpretação com base na História da Arte.

# Metodologia

- ▶ Escolha de representantes de dois períodos distintos.
- ▶ Construção de uma base de dados de pinturas.
- ▶ Processamento de imagens para extração de características.
- ▶ Seleção das melhores características.
- ▶ Confirmação por LDA.
- ▶ Cálculo de medidas de oposição, inovação e dialética.
- ▶ Interpretação com base na História da Arte.

# Metodologia

- ▶ Escolha de representantes de dois períodos distintos.
- ▶ Construção de uma base de dados de pinturas.
- ▶ Processamento de imagens para extração de características.
- ▶ Seleção das melhores características.
- ▶ Confirmação por LDA.
- ▶ Cálculo de medidas de oposição, inovação e dialética.
- ▶ Interpretação com base na História da Arte.

# Metodologia

- ▶ Escolha de representantes de dois períodos distintos.
- ▶ Construção de uma base de dados de pinturas.
- ▶ Processamento de imagens para extração de características.
- ▶ Seleção das melhores características.
- ▶ Confirmação por LDA.
- ▶ Cálculo de medidas de oposição, inovação e dialética.
- ▶ Interpretação com base na História da Arte.

## Metodologia

- ▶ Escolha de representantes de dois períodos distintos.
  - ▶ Construção de uma base de dados de pinturas.
  - ▶ Processamento de imagens para extração de características.
  - ▶ Seleção das melhores características.
  - ▶ Confirmação por LDA.
  - ▶ Cálculo de medidas de oposição, inovação e dialética.
  - ▶ Interpretação com base na História da Arte.

## Metodologia

- ▶ Escolha de representantes de dois períodos distintos.
  - ▶ Construção de uma base de dados de pinturas.
  - ▶ Processamento de imagens para extração de características.
  - ▶ Seleção das melhores características.
  - ▶ Confirmação por LDA.
  - ▶ Cálculo de medidas de oposição, inovação e dialética.
  - ▶ Interpretação com base na História da Arte.

# Estrutura da apresentação

- Sumário de características

## 1 Introdução

## 2 Caso de estudo

- Base de imagens
- Artistas escolhidos
- Características do Barroco
- Características da Arte Moderna

## 3 Análise das pinturas

## 4 Resultados

## 5 Conclusões

## 6 Referências

# Base de imagens

- ▶ Período Barroco e de movimentos da Arte Moderna.
- ▶ 6 pintores de cada período, 12 ao total
- ▶ 20 obras de cada pintor, 240 ao total.
- ▶ Referenciam períodos marcantes na história de cada artista (e.g. Picasso → Cubismo).

# Artistas escolhidos

**Tabela 1 :** Pintores escolhidos para a análise, exibidos em ordem cronológica.

Artistas	Estilos	Período
Caravaggio	Barroco	1593 - 1610
Frans Hals	Barroco, Idade de ouro Holandesa	1620 - 1660
Nicolas Poussin	Barroco, Classicismo	1620 - 1660
Diego Velázquez	Barroco	1618 - 1660
Rembrandt	Barroco, Idade de ouro Holandesa, Realismo	1632 - 1650
Johannes Vermeer	Barroco, Idade de ouro Holandesa	1632 - 1670
Vincent van Gogh	Pós-Impressionismo	1888 - 1890
Wassily Kandinsky	Expressionismo, Arte abstrata	1922 - 1944
Henri Matisse	Modernismo, Fauvismo	1904 - 1910
Pablo Picasso	Cubismo	1909 - 1912
Joan Miró	Surrealismo, Dada	1922 - 1958
Jackson Pollock	Expressionismo abstrato	1947 - 1950

# Características do Barroco

- ▶ O Barroco tem como objetivo principal retratar emoções, movimento, o sagrado.
- ▶ Caravaggio é expoente no uso da técnica do *chiaroscuro*.



Figura 4 : *Judite e Holoferne* (Caravaggio), c. 1599. Fonte: Wikipedia.

# Características do Barroco

- ▶ O Barroco tem como objetivo principal retratar emoções, movimento, o sagrado.
- ▶ Caravaggio é expoente no uso da técnica do *chiaroscuro*.



Figura 4 : *Judite e Holoferne* (Caravaggio), c. 1599. Fonte: Wikipedia.

## Características do Barroco

Velázquez e Vermeer se assemelham com Caravaggio pois ambos utilizavam *chiaroscuro*.



**Figura 5 :** Comparação entre pinturas de Velázquez, Vermeer e Caravaggio. *Fonte: Wikipedia.*

## Características do Barroco

Poussin se opõe à Caravaggio: ele não deseja retratar a verdade, mas sim o belo (influências de Carracci, Reni e Rafael).



**Figura 6 :** Comparação entre pinturas de Poussin, Carracci, Reni e Rafael. *Fonte: Wikipedia.*

# Características da Arte Moderna

Pintores modernos são, em geral, independentes em estilo.  
Barrocos compartilham estilos tradicionais.



Van Gogh



Matisse



Miró



Pollock



Kandinsky



Picasso

Figura 7 : Comparação entre pinturas modernas. Fonte: Wikipedia.

## Características da Arte Moderna

Diferença cronológica e estética entre o Barroco e os movimentos da Arte Moderna.



**Figura 8 :** Comparação entre pinturas barrocas e modernas. *Fonte: Wikipedia.*

## Características da Arte Moderna

Pollock apresenta pinturas que diferem de todos os outros pintores escolhidos.



**Figura 9 :** Ritmo de Outono (Jackson Pollock), c. 1950. Fonte: Wikipedia.

# Sumário de características

**Tabela 2 :** Sumário de características do período Barroco e de cada artista dos movimentos da Arte Moderna estudados.

Barroco	Arte Moderna
Contraste (e.g. claro-escuro); emoção ao invés da razão; movimento; dramaticidade; sensualidade; beleza; fantasia; a verdade; o sagrado	Van Gogh Sensação; movimento; textura; cores; uso da perspectiva e profundidade de uma nova maneira; distorção
	Kandinsky Abstrato; cromatismo; interpretação psicológica; formas geométricas, puras
	Matisse Cores "violentas"; desprezo às formas naturais; decoração; simplicidade
	Picasso Solidez; simplicidade; formas geométricas; colagem de várias perspectivas
	Miró Surreal; automatismo; símbolos e seus significados; negação das técnicas de pintura existentes
	Pollock Abstrato; pintura de ação, pura, espontânea

# Estrutura da apresentação

## 1 Introdução

- Segmentação
- Pós-processamento
- Atributos extraídos
- Seleção de atributos

## 2 Caso de estudo

## 3 Análise das pinturas

- Etapas para processamento das imagens
- Janelamento
- Pré-processamento

## 4 Resultados

## 5 Conclusões

## 6 Referências

# Etapas para processamento das imagens

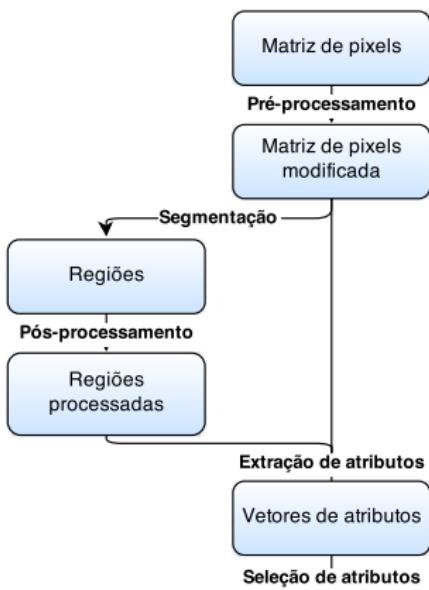
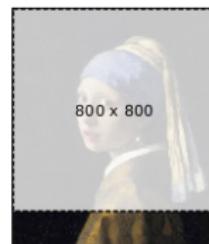


Figura 10 : Etapas para processamento das pinturas.

## Janelamento

Digitized by srujanika@gmail.com



Imagens foram recortadas em janelas de  $800 \times 800$  pixels.



Figura 11 : Exemplos de janelamento.

# Pré-processamento

- ▶ Equalização por histograma para ajustar o nível de contraste das imagens.
- ▶ Filtro por mediana para suavização, porém preservando detalhes de borda.

a) Imagem original



b) Equalização de histograma



c) Filtro por mediana

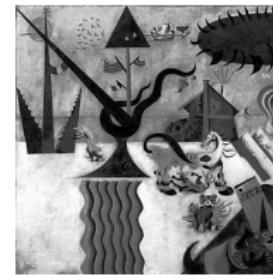


Figura 12 : Pré-processamento utilizando equalização de histograma e filtro por mediana.

# Pré-processamento

- ▶ Equalização por histograma para ajustar o nível de contraste das imagens.
- ▶ Filtro por mediana para suavização, porém preservando detalhes de borda.

a) Imagem original



b) Equalização de histograma



c) Filtro por mediana



Figura 12 : Pré-processamento utilizando equalização de histograma e filtro por mediana.

# Segmentação

- ▶ Comparação empírica entre métodos.
  - ▶ Watershed;
  - ▶ Felzenswald;
  - ▶ SLIC (*Simple Linear Iterative Clustering*).
- ▶ Aplicação de SLIC com  $k = 10$  (número de *clusters*).
- ▶  $k > 10$  não revelaram bons resultados.

# Segmentação

- ▶ Comparação empírica entre métodos.
  - ▶ Watershed;
  - ▶ Felzenswald;
  - ▶ SLIC (*Simple Linear Iterative Clustering*).
- ▶ Aplicação de SLIC com  $k = 10$  (número de *clusters*).
- ▶  $k > 10$  não revelaram bons resultados.

## Segmentação

- ▶ Comparação empírica entre métodos.
    - ▶ Watershed;
    - ▶ Felzenswald;
    - ▶ SLIC (*Simple Linear Iterative Clustering*).
  - ▶ Aplicação de SLIC com  $k = 10$  (número de *clusters*).
  - ▶  $k > 10$  não revelaram bons resultados.

# Segmentação



**Figura 13 :** Experimentos realizados para segmentação de pinturas.  
Imagen original; Watershed; Felzenswald; SLIC com  $k = 10$ ; SLIC com  $k = 20$ .

# Rotulação e remoção de imperfeições

- ▶ Rotulação das regiões conexas.
- ▶ Remoção de “buracos”: operação morfológica binária de fechamento.
- ▶ Remoção de ruídos: filtro de áreas  $< \theta$ .

a) Regiões segmentadas



b) Objetos conexos rotulados



c) Objetos menores removidos



Figura 14 : Etapas de pós-processamento.

# Rotulação e remoção de imperfeições

- ▶ Rotulação das regiões conexas.
- ▶ Remoção de “buracos”: operação morfológica binária de fechamento.
- ▶ Remoção de ruídos: filtro de áreas  $< \theta$ .

a) Regiões segmentadas



b) Objetos conexos rotulados



c) Objetos menores removidos



Figura 14 : Etapas de pós-processamento.

# Rotulação e remoção de imperfeições

- ▶ Rotulação das regiões conexas.
- ▶ Remoção de “buracos”: operação morfológica binária de fechamento.
- ▶ Remoção de ruídos: filtro de áreas  $< \theta$ .

a) Regiões segmentadas



b) Objetos conexos rotulados



c) Objetos menores removidos



Figura 14 : Etapas de pós-processamento.

# Atributos extraídos (das imagens)

**Atributos espectrais** através do cálculo de densidade espectral para as imagens e colunas, linhas e centróides das imagens.

$A_i$	Descrição
$A_1$	Média das energias nas linhas x da imagem em tons de cinza
$A_2$	Desvio padrão das energias nas linhas x da imagem em tons de cinza
$A_3$	Média das energias nas colunas y da imagem em tons de cinza
$A_4$	Desvio padrão das energias nas colunas y da imagem em tons de cinza
$A_5$	Centroide das energias nas linhas x da imagem em tons de cinza
$A_6$	Centroide das energias nas colunas y da imagem em tons de cinza
$A_7$	Média das energias nas linhas x e colunas y da imagem em tons de cinza
$A_8$	Desvio padrão das energias nas linhas x e colunas y da imagem em tons de cinza
$A_{9-16}$	As mesmas medidas $A_{1-8}$ mas aplicadas à banda vermelha da imagem
$A_{17-24}$	As mesmas medidas $A_{1-8}$ mas aplicadas à banda verde da imagem
$A_{25-32}$	As mesmas medidas $A_{1-8}$ mas aplicadas à banda azul da imagem

## Atributos extraídos (das imagens)

**Atributos de textura e complexidade** por 14 medidas de Haralick.

$\mathcal{A}_i$	Descrição
$\mathcal{A}_{33-46}$	As 14 medidas de textura de Haralick para a direção $\beta = 0^\circ$ ou $\vec{d} = (1, 0)$
$\mathcal{A}_{47-60}$	As 14 medidas de textura de Haralick para a direção $\beta = 45^\circ$ ou $\vec{d} = (1, 1)$
$\mathcal{A}_{61-74}$	As 14 medidas de textura de Haralick para a direção $\beta = 90^\circ$ ou $\vec{d} = (0, 1)$
$\mathcal{A}_{75-88}$	As 14 medidas de textura de Haralick para a direção $\beta = 135^\circ$ ou $\vec{d} = (-1, 1)$

## Atributos extraídos (das regiões conexas)

**Atributos de contorno e forma** pelo cálculo da curvatura das regiões conexas; sua área e perímetro, assim como área e perímetro da região convexa (obtida por *convex-hull*).

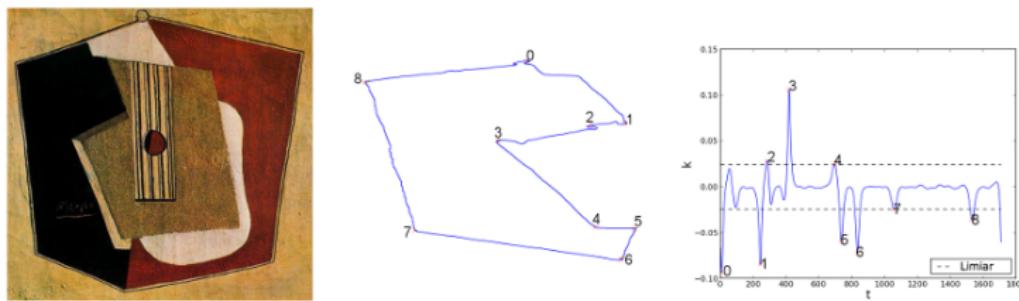


Figura 15 : Cálculo de curvatura.

# Atributos extraídos (das regiões conexas)

**Atributos de contorno e forma** pelo cálculo da curvatura das regiões conexas; sua área e perímetro, assim como área e perímetro da região convexa (obtida por *convex-hull*).

$\mathcal{A}_i$	Descrição
$\mathcal{A}_{89}$	Média das distâncias (euclidiana) entre os picos de curvatura
$\mathcal{A}_{90}$	Desvio padrão das distâncias (euclidiana) entre os picos de curvatura
$\mathcal{A}_{91}$	Média das distâncias (em <i>pixels</i> do contorno) entre os picos de curvatura
$\mathcal{A}_{92}$	Desvio padrão das distâncias (em <i>pixels</i> do contorno) entre os picos de curvatura
$\mathcal{A}_{93}$	Quantidade de picos de curvatura
$\mathcal{A}_{94}$	Perímetro da curvatura
$\mathcal{A}_{95}$	Área da região conexa
$\mathcal{A}_{96}$	Razão entre o perímetro e a área da região
$\mathcal{A}_{97}$	Quantidade de segmentos de uma pintura
$\mathcal{A}_{98}$	Área da região convexa
$\mathcal{A}_{99}$	Razão entre a área da região convexa e a área da região conexa original

# Seleção de atributos

- ▶ Cálculo da razão de Fisher entre todos os pares  $(a, b)$  de atributos para as 240 pinturas e 12 classes.
- ▶ Matriz  $S_{intra}$  determina o espalhamento intra-classe.
- ▶ Matriz  $S_{inter}$  determina o espalhamento inter-classe.
- ▶ O traço da razão entre as matrizes resulta na razão de Fisher  $\alpha$ .

$$\alpha = \text{tr}(S_{inter} S_{intra}^{-1}) \quad (1)$$

# Seleção de atributos

- ▶ Cálculo da razão de Fisher entre todos os pares  $(a, b)$  de atributos para as 240 pinturas e 12 classes.
- ▶ Matriz  $S_{intra}$  determina o espalhamento intra-classe.
- ▶ Matriz  $S_{inter}$  determina o espalhamento inter-classe.
- ▶ O traço da razão entre as matrizes resulta na razão de Fisher  $\alpha$ .

$$\alpha = \text{tr}(S_{inter} S_{intra}^{-1}) \quad (1)$$

# Seleção de atributos

- ▶ Cálculo da razão de Fisher entre todos os pares  $(a, b)$  de atributos para as 240 pinturas e 12 classes.
- ▶ Matriz  $S_{intra}$  determina o espalhamento intra-classe.
- ▶ Matriz  $S_{inter}$  determina o espalhamento inter-classe.
- ▶ O traço da razão entre as matrizes resulta na razão de Fisher  $\alpha$ .

$$\alpha = \text{tr}(S_{inter} S_{intra}^{-1}) \quad (1)$$

## Seleção de atributos

- ▶ Cálculo da razão de Fisher entre todos os pares ( $a, b$ ) de atributos para as 240 pinturas e 12 classes.
  - ▶ Matriz  $S_{intra}$  determina o espalhamento intra-classe.
  - ▶ Matriz  $S_{inter}$  determina o espalhamento inter-classe.
  - ▶ O traço da razão entre as matrizes resulta na razão de Fisher  $\alpha$ .

$$\alpha = \text{tr}(S_{inter} S_{intra}^{-1}) \quad (1)$$

# Seleção de atributos

Tabela 3 : Melhores pares  $(a, b)$  de atributos segundo  $\alpha$ .

Par	Atributo <i>a</i>	Atributo <i>b</i>	$\alpha$
1	<b>média do número de picos</b>	<b>média do número de segmentos</b>	<b>42.445</b>
2	média do número de segmentos	média da área de convex-hull	37.406
3	média do perímetro do segmento	média do número de segmentos	36.703
4	média da área do segmento	média do número de segmentos	36.214
5	média do número de segmentos	média área convexa / área total	34.885
6	média de circularidade (Per. <sup>2</sup> /Area)	média do número de segmentos	33.540
7	média da energia das linhas (canal verde)	média do número de segmentos	32.954
8	média da energia das linhas e colunas (canal verde)	média do número de segmentos	32.954
9	d.p. da energia das linhas (canal verde)	média do número de segmentos	32.932
10	d.p. da energia das linhas e colunas (canal verde)	média do número de segmentos	32.906
11	média de entropia local (janela de dimensão 5)	média do número de segmentos	32.898
12	entropia (Haralick adj. 4)	média do número de segmentos	32.898
13	entropia (Haralick adj. 3)	média do número de segmentos	32.883
14	entropia (Haralick adj. 1)	média do número de segmentos	32.874
15	entropia (Haralick adj. 2)	média do número de segmentos	32.869
16	média da energia das linhas (canal vermelho)	média do número de segmentos	32.865

# Estrutura da apresentação

1 Introdução

2 Caso de estudo

3 Análise das pinturas

4 Resultados

- Resultados para melhores atributos
- Releitura do Barroco
- Releitura da Arte Moderna

5 Conclusões

6 Referências

# Resultados para melhores atributos

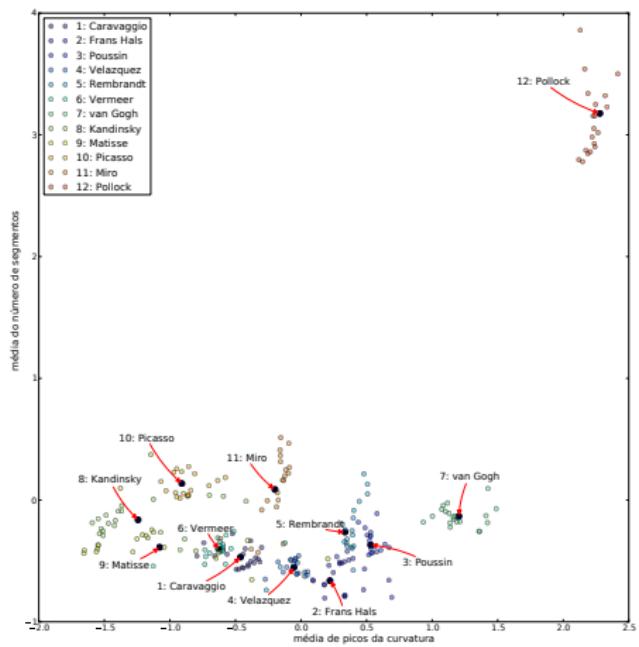


Figura 15 : Projeção do espaço criativo considerando média de picos da curvatura e média do número de segmentos.

## Resultados para melhores atributos

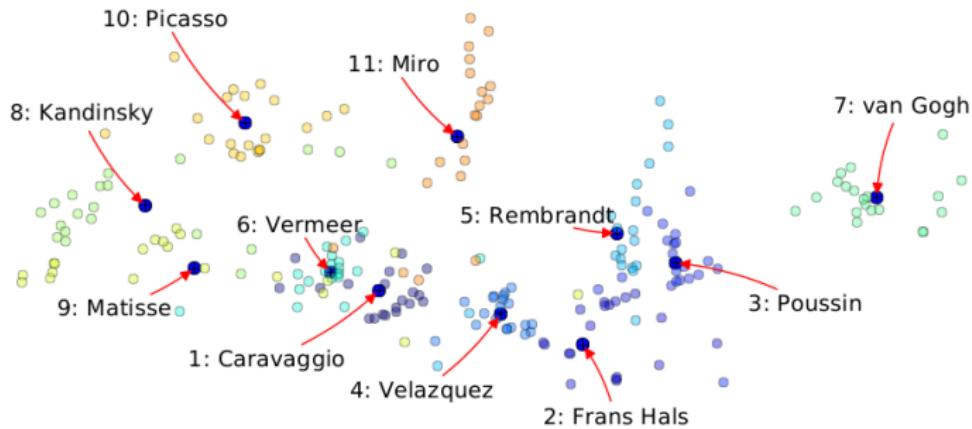
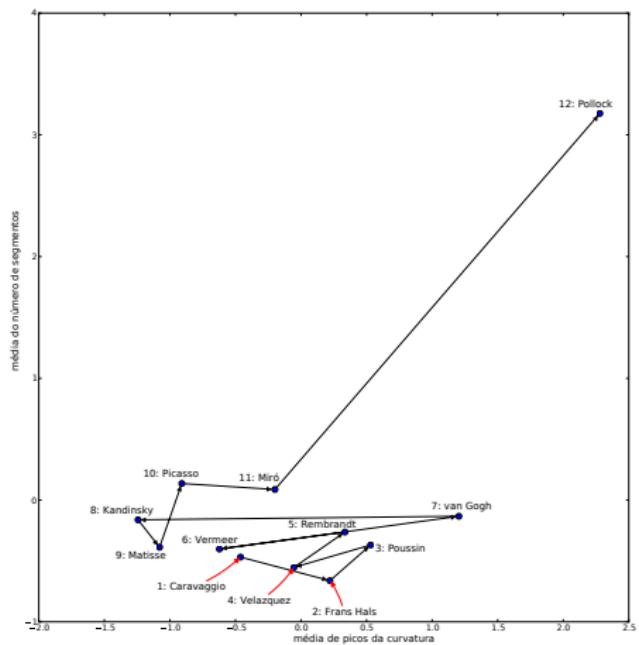


Figura 15 : Detalhe da projeção.

## Resultados para melhores atributos



**Figura 16 :** Série temporal considerando *média de picos da curvatura* e *média do número de segmentos*.

# Resultados para melhores atributos

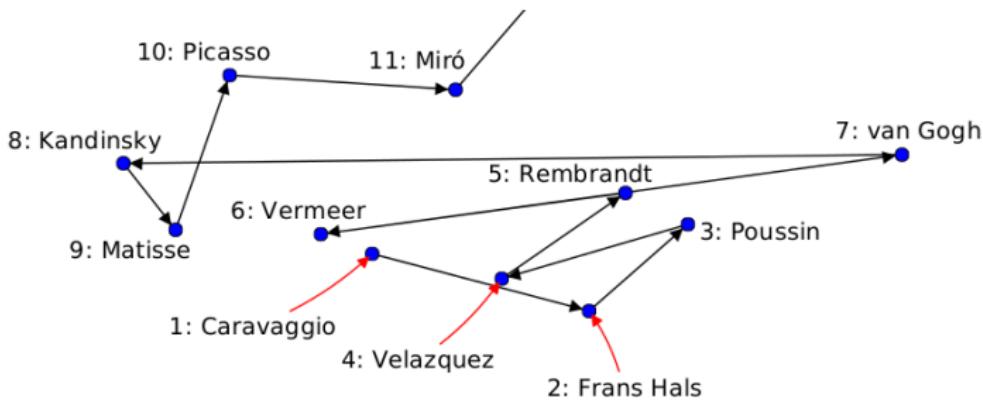
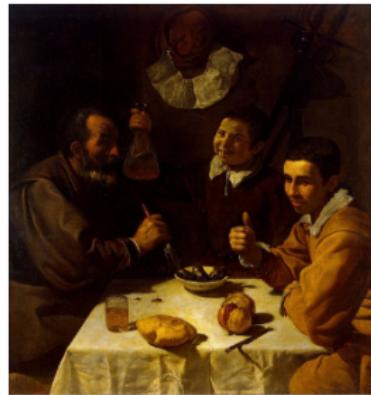


Figura 16 : Detalhe da série temporal.

Releitura do Barroco

Velázquez e Vermeer se assemelham com Caravaggio pois ambos utilizavam *chiaroscuro*.



**Figura 17 :** Comparação entre pinturas de Velázquez, Vermeer e Caravaggio. *Fonte: Wikipedia.*

# Releitura do Barroco

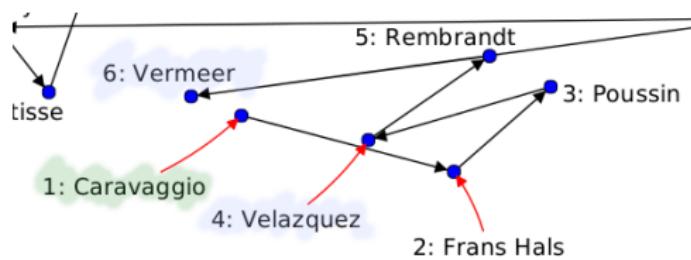


Figura 18 : Detalhe da série temporal.

- ▶ Velázquez e Vermeer parecem “voltar” a Caravaggio.
- ▶ Sobreposição entre seus clusters.
- ▶ Similaridade entre seus histogramas de contraste.
- ▶ Rembrandt e Frans Hals também possuem similaridade, pois usavam *chiaroscuro*.
- ▶ Poussin se opõe, suas pinturas são mais claras.

# Releitura do Barroco

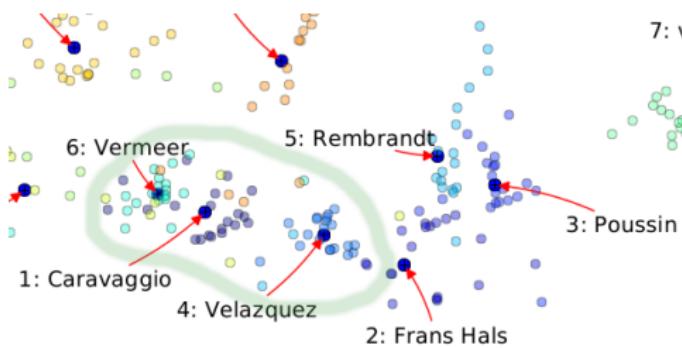
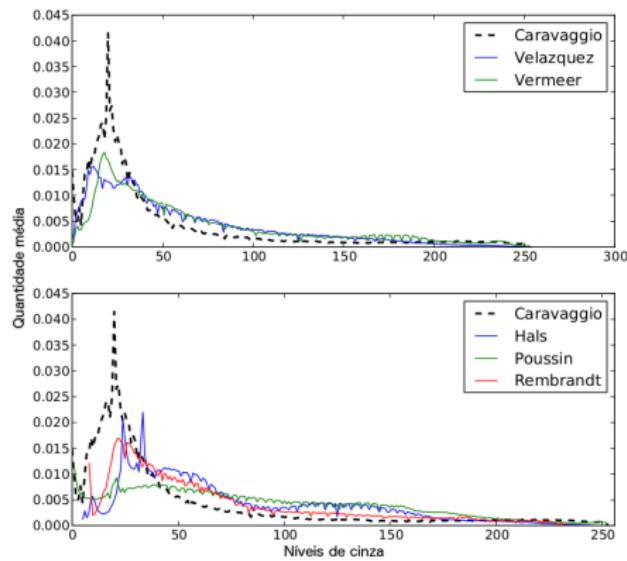


Figura 18 : Detalhe da projeção.

- ▶ Velázquez e Vermeer parecem “voltar” a Caravaggio.
- ▶ Sobreposição entre seus clusters.
- ▶ Similaridade entre seus histogramas de contraste.
- ▶ Rembrandt e Frans Hals também possuem similaridade, pois usavam *chiaroscuro*.
- ▶ Poussin se opõe, suas pinturas são mais claras.

# Releitura do Barroco



**Figura 18 :** Histogramas dos níveis médios de cinza.

- ▶ Velázquez e Vermeer parecem “voltar” a Caravaggio.
- ▶ Sobreposição entre seus clusters.
- ▶ Similaridade entre seus histogramas de contraste.
- ▶ Rembrandt e Frans Hals também possuem similaridade, pois usavam *chiaroscuro*.
- ▶ Poussin se opõe, suas pinturas são mais claras.

# Releitura do Barroco

Caravaggio é expoente no uso  
da técnica do *chiaroscuro*.



Figura 19 : *Judite e Holoferne*  
(Caravaggio), c. 1599. Fonte:  
*Wikipedia*.

# Releitura do Barroco

- ▶ Influência de Caravaggio em pintores como Velázquez e Vermeer.
- ▶ Baixa similaridade entre histogramas de contrastes do período Barroco e Moderno.

## Releitura do Barroco

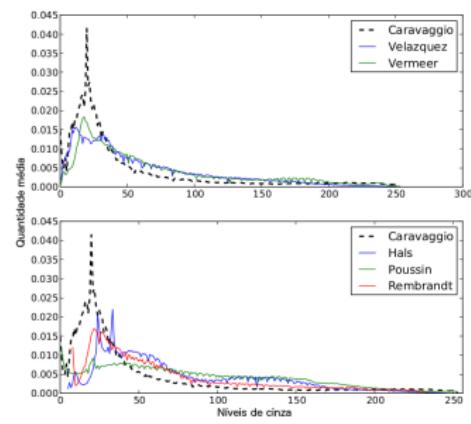


Figura 20 : Barroco.

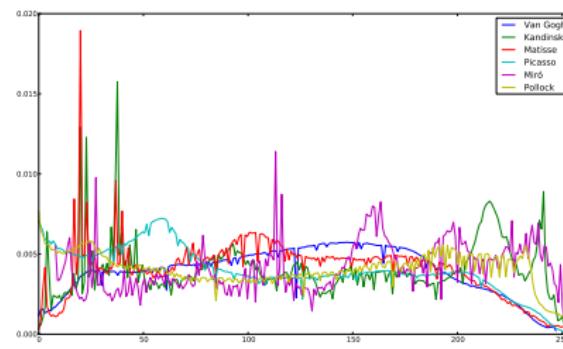


Figura 21 : Arte Moderna.

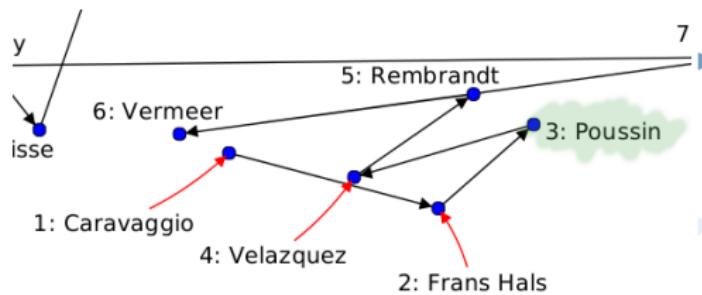
# Releitura do Barroco

Poussin se opõe à Caravaggio: ele não deseja retratar a verdade, mas sim o belo (influências de Carracci, Reni e Rafael).



Figura 22 : Comparação entre pinturas de Poussin, Carracci, Reni e Rafael. *Fonte: Wikipedia.*

# Releitura do Barroco

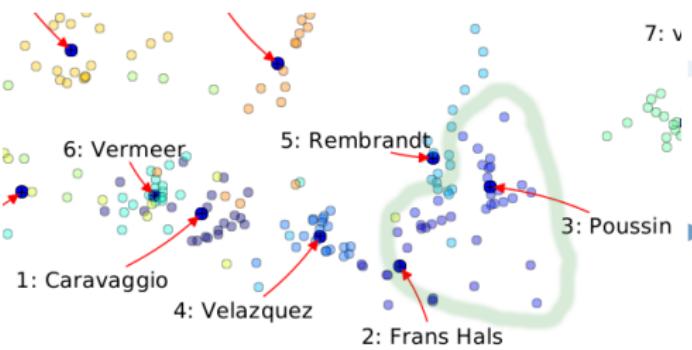


É o pintor Barroco que mais se distancia de Caravaggio e do grupo Barroco.

- ▶ Compreende o grupo de pinturas com menor sobreposição.

Figura 23 : Detalhe da série temporal.

# Releitura do Barroco



- É o pintor Barroco que mais se distancia de Caravaggio e do grupo Barroco.
- Compreende o grupo de pinturas com menor sobreposição.

Figura 23 : Detalhe da projeção.

# Releitura da Arte Moderna

Pintores modernos são, em geral, independentes em estilo.  
Barrocos compartilham estilos tradicionais.



Van Gogh



Matisse



Miró



Pollock



Kandinsky



Picasso

Figura 24 : Comparação entre pinturas modernas. *Fonte: Wikipedia.*

# Releitura da Arte Moderna

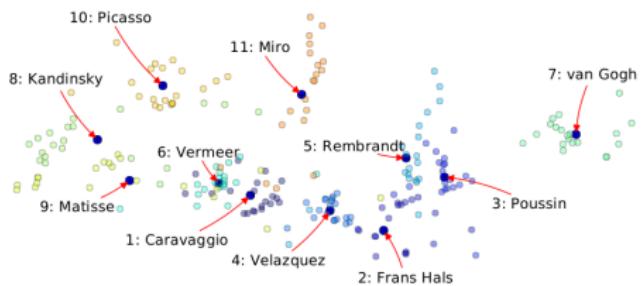


Figura 25 : Detalhe da série temporal.

- ▶ Há maior sobreposição entre pintores barrocos do que modernos.
- ▶ Os deslocamentos entre pintores modernos são, em geral, maiores.
- ▶ Maior exploração do espaço por parte dos artistas modernos.

# Releitura da Arte Moderna

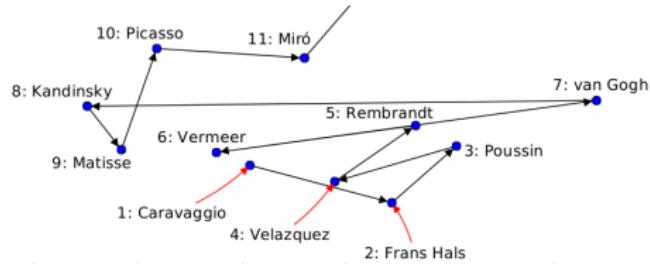


Figura 25 : Detalhe da projeção.

- ▶ Há maior sobreposição entre pintores barrocos do que modernos.
- ▶ Os deslocamentos entre pintores modernos são, em geral, maiores.
- ▶ Maior exploração do espaço por parte dos artistas modernos.

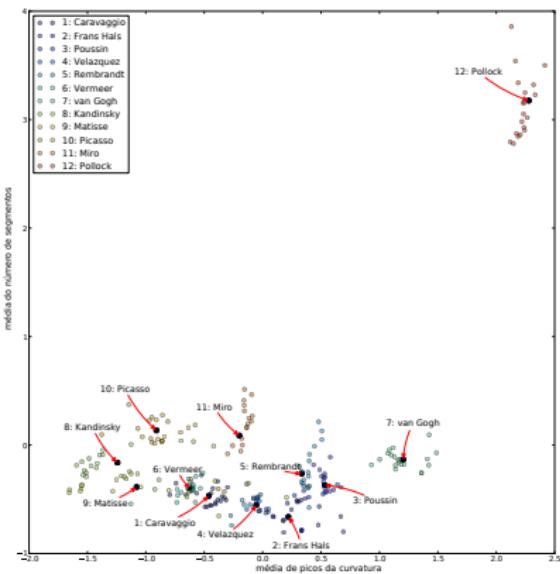
# Releitura da Arte Moderna

Pollock apresenta pinturas que diferem de todos os outros pintores escolhidos.



Figura 26 : *Ritmo de Outono* (Jackson Pollock), c. 1950. Fonte: Wikipedia.

# Releitura da Arte Moderna



- ▶ O “cluster” de Pollock é o que mais se distancia dos demais.
- ▶ Principalmente considerando-se o eixo-y (média do número de segmentos).

Figura 27 : Detalhe da projeção.

# Medidas de oposição, inovação e dialética

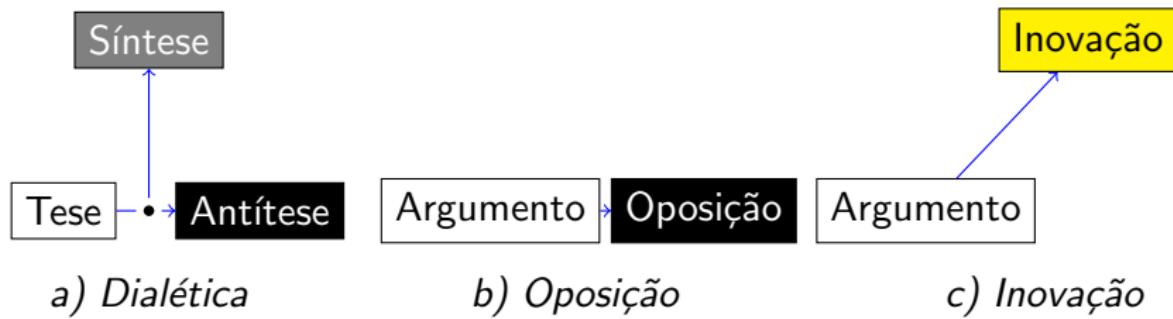


Figura 28 : Representação em diagrama para conceitos da Filosofia.

# Medidas de oposição e inovação

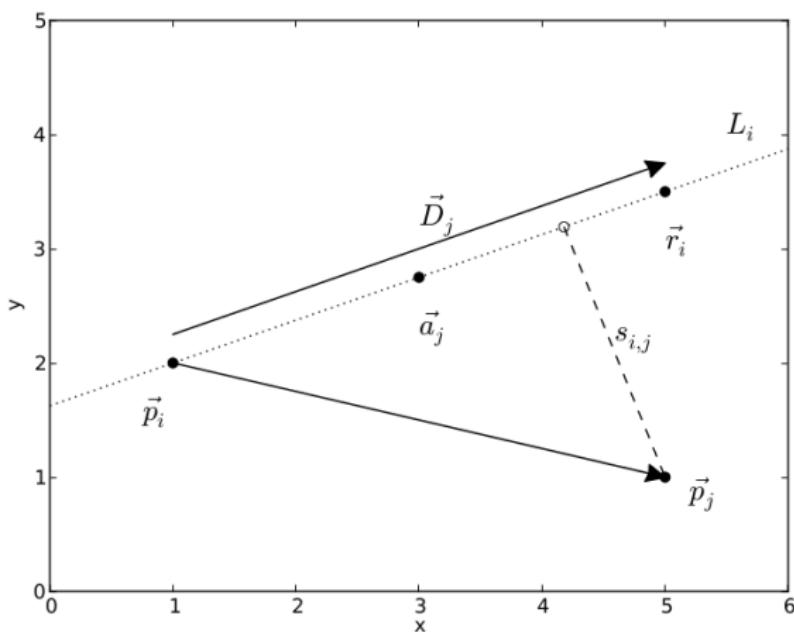


Figura 29 : Exemplo de cálculo de  $W_{i,j}$  e  $s_{i,j}$ .

# Medida de dialética

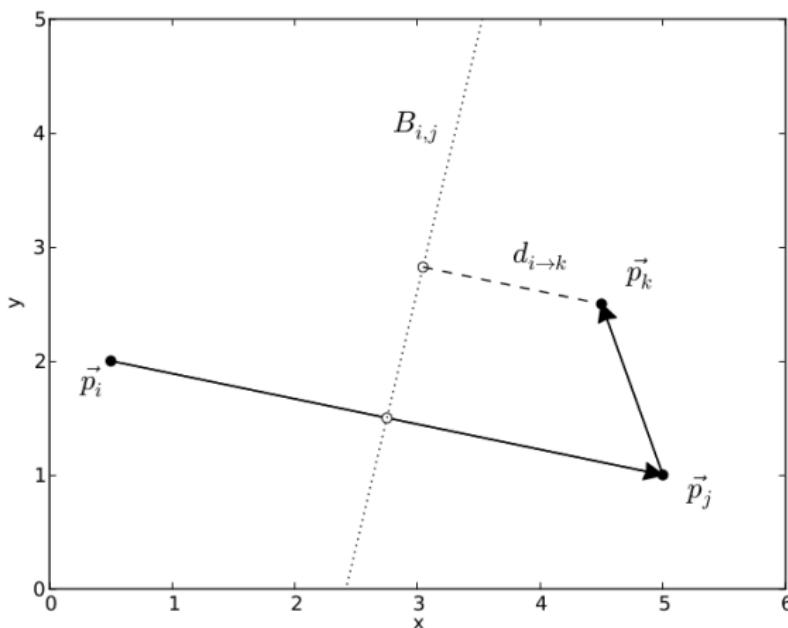


Figura 30 : Exemplo de cálculo de  $d_{i \rightarrow k}$ .

# Interpretação das medidas de oposição e inovação

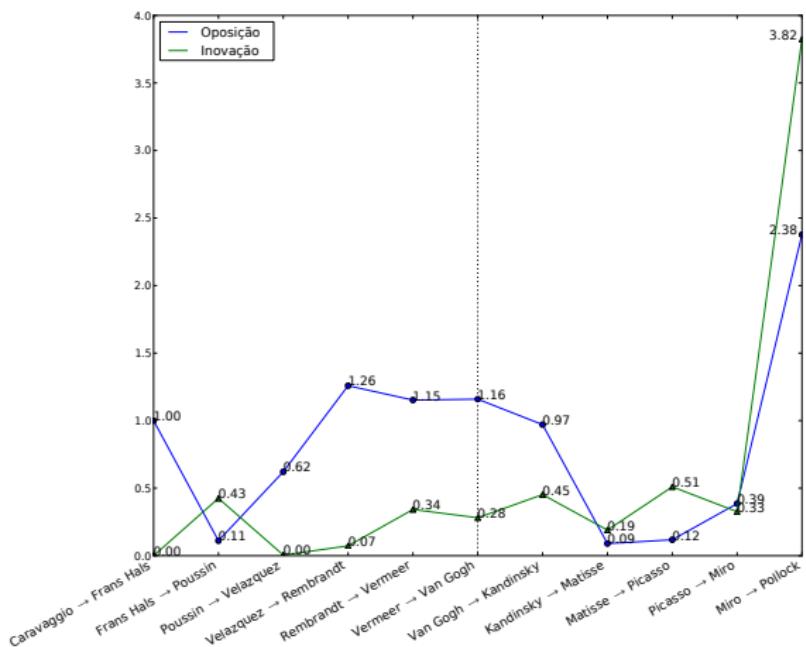


Figura 31 : Valores de  $W_{i,j}$  e  $s_{i,j}$  considerando os dois melhores atributos.

# Interpretação das medidas de oposição e inovação

- ▶ Embora oscilante, a inovação é crescente.
- ▶ Grande oposição entre Vermeer e Van Gogh.
- ▶ → Quando há a transição do Barroco para o Moderno.
- ▶ Maiores valores de oposição e inovação em Pollock.
- ▶ → Pollock é o pintor que mais se diferencia de todos os demais.
- ▶ Maior oposição está entre Velázquez e Rembrandt.
- ▶ → Pinturas de Rembrandt nada têm de parecido com as de Velázquez.

# Interpretação das medidas de oposição e inovação

- ▶ Embora oscilante, a inovação é crescente.
- ▶ Grande oposição entre Vermeer e Van Gogh.
- ▶ → Quando há a transição do Barroco para o Moderno.
- ▶ Maiores valores de oposição e inovação em Pollock.
- ▶ → Pollock é o pintor que mais se diferencia de todos os demais.
- ▶ Maior oposição está entre Velázquez e Rembrandt.
- ▶ → Pinturas de Rembrandt nada têm de parecido com as de Velázquez.

# Interpretação das medidas de oposição e inovação

- ▶ Embora oscilante, a inovação é crescente.
- ▶ Grande oposição entre Vermeer e Van Gogh.
- ▶ → Quando há a transição do Barroco para o Moderno.
- ▶ Maiores valores de oposição e inovação em Pollock.
- ▶ → Pollock é o pintor que mais se diferencia de todos os demais.
- ▶ Maior oposição está entre Velázquez e Rembrandt.
- ▶ → Pinturas de Rembrandt nada têm de parecido com as de Velázquez.

# Interpretação das medidas de oposição e inovação

- ▶ Embora oscilante, a inovação é crescente.
- ▶ Grande oposição entre Vermeer e Van Gogh.
- ▶ → Quando há a transição do Barroco para o Moderno.
- ▶ Maiores valores de oposição e inovação em Pollock.
- ▶ → Pollock é o pintor que mais se diferencia de todos os demais.
- ▶ Maior oposição está entre Velázquez e Rembrandt.
- ▶ → Pinturas de Rembrandt nada têm de parecido com as de Velázquez.

# Interpretação das medidas de dialética

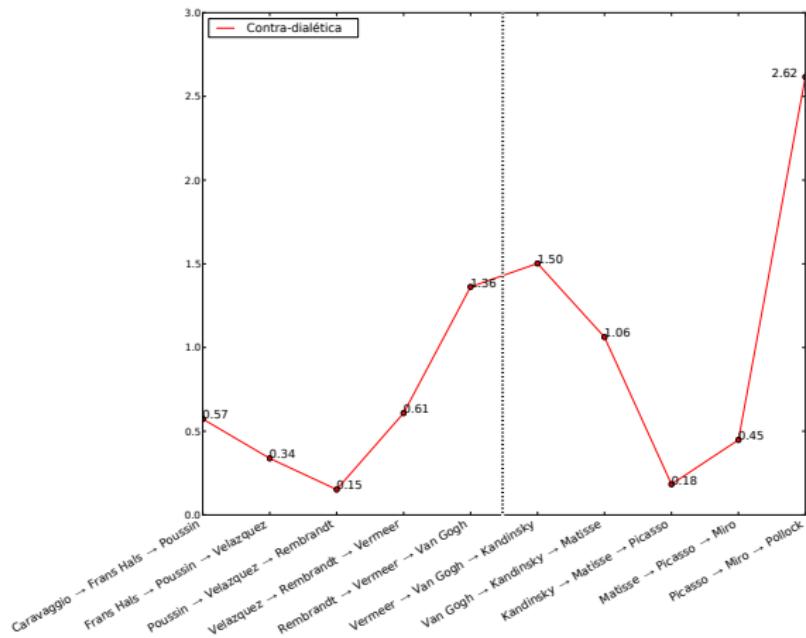


Figura 32 : Valores de contra-dialética considerando os dois melhores atributos.

# Dialética

- ▶ Grande contra-dialética em Van Gogh.
- ▶ → Início modernismo
- ▶ Grande contra-dialética entre Caravaggio, Frans Hals e Poussin.
- ▶ → Poussin realmente não representa a síntese entre Caravaggio e Frans Hals.
- ▶ Maior dialética da série está em Poussin, Velázquez e Rembrandt.
- ▶ → Rembrandt parece ser síntese entre Poussin (paisagens) e Velázquez (*chiaroscuro*).

# Dialética

- ▶ Grande contra-dialética em Van Gogh.
- ▶ → Início modernismo
- ▶ Grande contra-dialética entre Caravaggio, Frans Hals e Poussin.
- ▶ → Poussin realmente não representa a síntese entre Caravaggio e Frans Hals.
- ▶ Maior dialética da série está em Poussin, Velázquez e Rembrandt.
- ▶ → Rembrandt parece ser síntese entre Poussin (paisagens) e Velázquez (*chiaroscuro*).

# Dialética

- ▶ Grande contra-dialética em Van Gogh.
- ▶ → Início modernismo
- ▶ Grande contra-dialética entre Caravaggio, Frans Hals e Poussin.
- ▶ → Poussin realmente não representa a síntese entre Caravaggio e Frans Hals.
- ▶ Maior dialética da série está em Poussin, Velázquez e Rembrandt.
- ▶ → Rembrandt parece ser síntese entre Poussin (paisagens) e Velázquez (*chiaroscuro*).

# Resultados para LDA: projeções

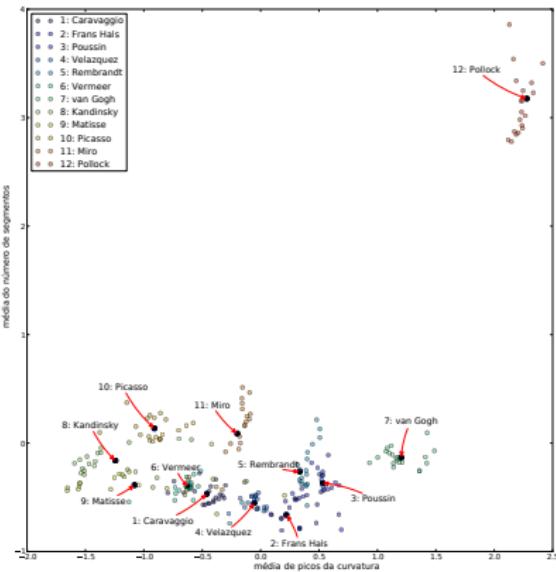


Figura 33 : Melhores atributos.

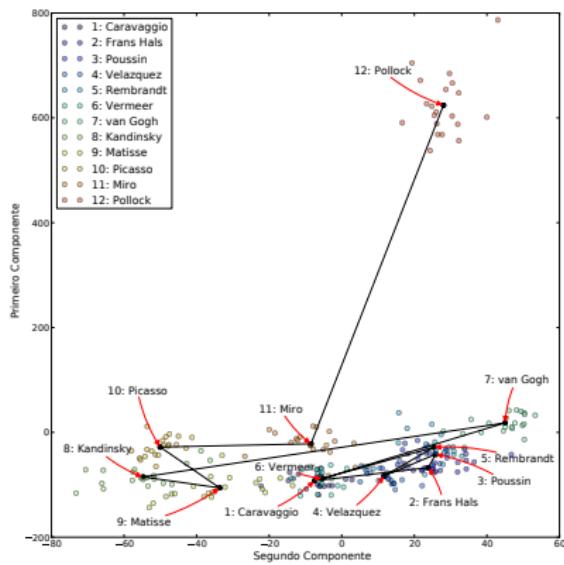


Figura 34 : LDA.

# Resultados para LDA: oposição e inovação

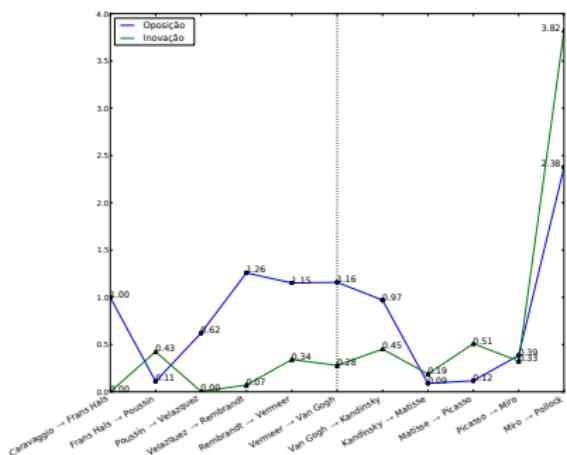


Figura 35 : Melhores atributos.

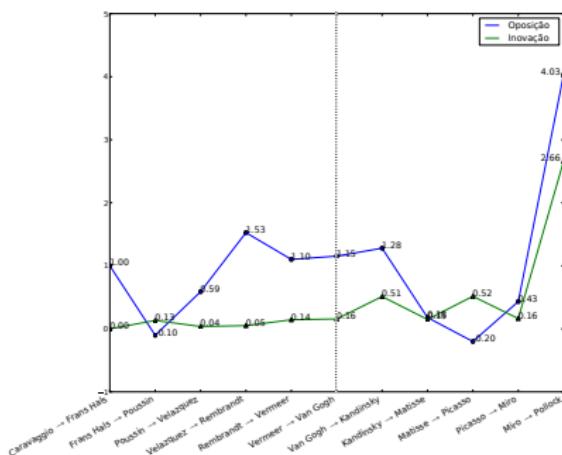


Figura 36 : LDA.

## Resultados para LDA: dialética

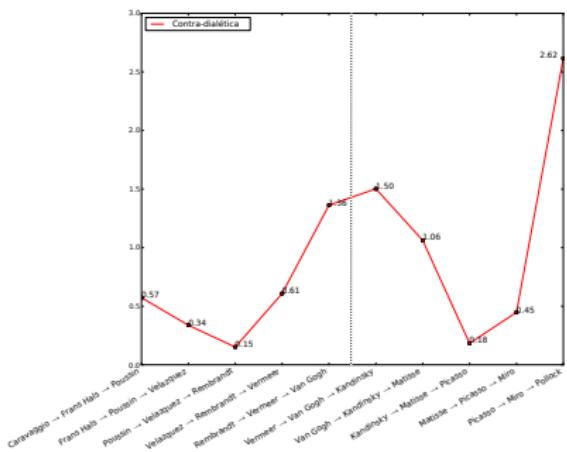


Figura 37 : Melhores atributos.

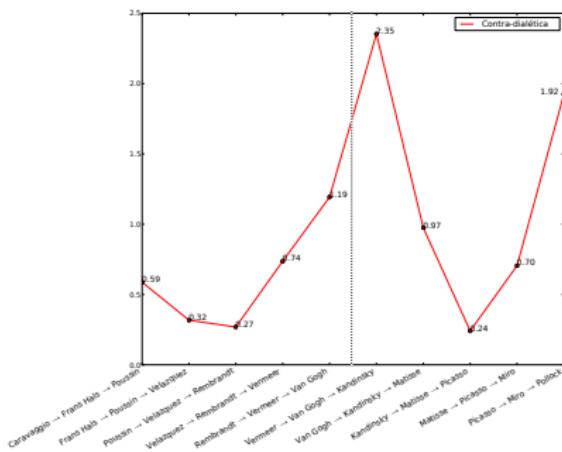


Figura 38 : LDA.

# Validação do método LDA

- ▶ *Cross validation por repeated random sub-sampling.*
- ▶ 240 pinturas divididas em conjuntos de treino e teste.
- ▶ Para cada pintor, 10 pinturas de treino e 10 pinturas de teste.
- ▶ Processo repetido 100 vezes.

# Validação do método

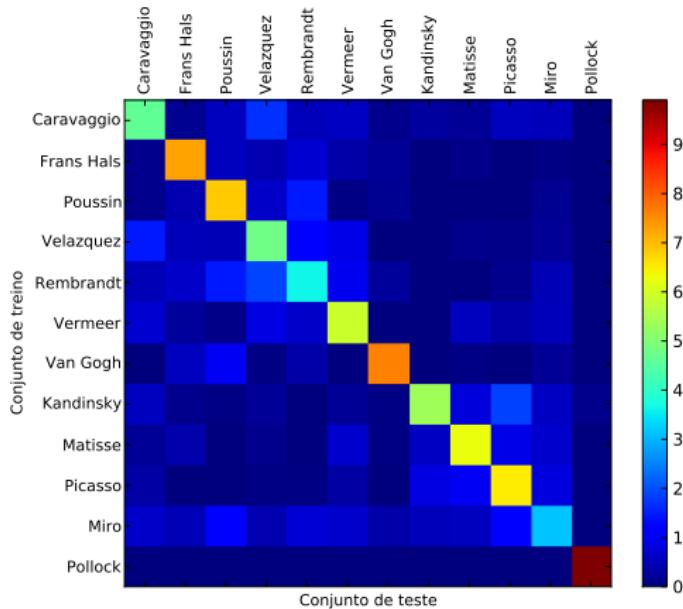


Figura 39 : Matriz de confusão média para o método LDA calculada durante 100 iterações.

# Estrutura da apresentação

1 Introdução

2 Caso de estudo

3 Análise das pinturas

4 Resultados

5 Conclusões

6 Referências

# Conclusões

- ▶ Método quantitativo revelou resultados que encontram **fundamento na História das Artes.**
- ▶ Medidas de **oposição, inovação e dialética** apresentaram resultados relevantes para o estudo da evolução artística na Pintura.
- ▶ **Música** parece guiada pela **dialética e Filosofia** pela **oposição.**
- ▶ Pintura teve **valores crescentes de inovação; picos de oposição e contra-dialética** em momentos de transição na história.

# Conclusões

- ▶ Método quantitativo revelou resultados que encontram fundamento na História das Artes.
- ▶ Medidas de **oposição, inovação e dialética** apresentaram resultados relevantes para o estudo da evolução artística na Pintura.
- ▶ Música parece guiada pela **dialética e Filosofia** pela **oposição**.
- ▶ Pintura teve **valores crescentes de inovação; picos de oposição e contra-dialética** em momentos de transição na história.

# Conclusões

- ▶ Método quantitativo revelou resultados que encontram fundamento na História das Artes.
- ▶ Medidas de **oposição, inovação e dialética** apresentaram resultados relevantes para o estudo da evolução artística na Pintura.
- ▶ **Música** parece guiada pela **dialética** e **Filosofia** pela **oposição**.
- ▶ Pintura teve **valores crescentes de inovação; picos de oposição e contra-dialética** em momentos de transição na história.

# Conclusões

- ▶ Método quantitativo revelou resultados que encontram fundamento na História das Artes.
- ▶ Medidas de **oposição, inovação e dialética** apresentaram resultados relevantes para o estudo da evolução artística na Pintura.
- ▶ **Música** parece guiada pela **dialética e Filosofia** pela **oposição**.
- ▶ Pintura teve **valores crescentes de inovação; picos de oposição e contra-dialética** em momentos de transição na história.

# Conclusões

- ▶ Um dos fatos mais marcantes na Pintura foi a **sobreposição dos Barrocos e a independência em estilo dos Modernos.**
- ▶ Maior cobertura do *espaço criativo* pelos Modernos.
- ▶ Atributos de análise de forma (**número médio de picos de curvatura** e de **segmentos por imagem**) apresentaram melhor separação de classes.
- ▶ LDA reforçou os resultados obtidos.

# Conclusões

- ▶ Um dos fatos mais marcantes na Pintura foi a **sobreposição dos Barrocos e a independência em estilo dos Modernos.**
- ▶ Maior cobertura do *espaço criativo* pelos Modernos.
- ▶ Atributos de análise de forma (**número médio de picos de curvatura** e de **segmentos por imagem**) apresentaram melhor separação de classes.
- ▶ LDA reforçou os resultados obtidos.

# Conclusões

- ▶ Um dos fatos mais marcantes na Pintura foi a **sobreposição dos Barrocos e a independência em estilo dos Modernos.**
- ▶ Maior cobertura do *espaço criativo* pelos Modernos.
- ▶ Atributos de análise de forma (**número médio de picos de curvatura** e de **segmentos por imagem**) apresentaram melhor separação de classes.
- ▶ LDA reforçou os resultados obtidos.

# Conclusões

- ▶ Um dos fatos mais marcantes na Pintura foi a **sobreposição dos Barrocos e a independência em estilo dos Modernos.**
- ▶ Maior cobertura do *espaço criativo* pelos Modernos.
- ▶ Atributos de análise de forma (**número médio de picos de curvatura** e de **segmentos por imagem**) apresentaram melhor separação de classes.
- ▶ LDA reforçou os resultados obtidos.

# Publicações

## Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment

Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment > Volume 2012 > August 2012

### A quantitative approach to evolution of music and philosophy

Vilson Vieira<sup>1</sup>, Renato Fabbri<sup>2</sup>, Gonzalo Travieso, Osvaldo N Oliveira Jr<sup>3</sup> and Luciano da Fontoura Costa<sup>4</sup>  
[Show affiliations](#)

Vilson Vieira et al. *J. Stat. Mech.* (2012) P08010, doi:10.1088/1742-5468/2012/08/P08010

Received 6 March 2012, accepted for publication 23 July 2012. Published 17 August 2012.  
© 2012 IOP Publishing Ltd and SISSA Medialab srl

#### Abstract

The development of new statistical and computational methods is increasingly making it possible to bridge the gap between hard sciences and humanities. In this study, we propose an approach based on a quantitative evaluation of attributes of objects in fields of humanities, from which concepts such as dialectics and opposition are formally defined mathematically. As case studies, we analyzed the temporal evolution of classical music and philosophy by obtaining data for 8 features characterizing the corresponding fields for 7 well-known composers and philosophers, which were treated with multivariate statistics and pattern recognition methods. This analysis was used to obtain a set of 93 features, which were then used to build a projection space on which hundreds of additional composers and philosophers were generated, influenced by the 7 names originally chosen. Upon defining indices for opposition, skewness and counter-dialectics, we confirmed the intuitive analysis of historians in that classical music evolves according to a master-apprentice tradition, while in philosophy changes were driven by opposition. Though these case studies were meant only to show the possibility of testing phenomena in humanities quantitatively, including a quantitative measure of concepts such as dialectics and opposition, the results are encouraging for further application of the approach presented here to many other areas, since it is entirely generic.

**Figura 40 : A quantitative approach to evolution of music and philosophy. Journal of Statistical Mechanics. 2012.**



Cornell University  
Library

[arXiv.org > stat > arXiv:1403.4512](#)

[Statistica > Applications](#)

### A Quantitative Approach to Painting Styles

Vilson Vieira, Renato Fabbri, David Sbrissa, Luciano da Fontoura Costa, Gonzalo Travieso  
[\(Submitted on 14 Nov 2013\)](#)

This research extends a method previously applied to music and philosophy, representing the evolution of art as a time-series where relations like dialectics are measured quantitatively. For that, a corpus of paintings of 12 well-known artists from baroque and modern art is analyzed. A set of 93 features is extracted and the features which most contributed to the classification of painters are selected. The projection space obtained provides the basis to the analysis of measurements. This quantitative measures underlie revealing observations about the evolution of painting styles, specially when compared with other humanity fields already analyzed: while music evolved along a master-apprentice tradition (high dialectics) and philosophy by opposition, painting presents another pattern: constant increasing skewness, low opposition between members of the same movement and opposition peaks in the transition between movements. Differences between baroque and modern movements are also observed in the projected ‘painting space’: while baroque paintings are presented as an overlapped cluster, the modern paintings present minor overlapping and are disposed more widely in the projection than the baroque counterparts. This finding suggests that baroque painters shared aesthetics while modern painters tend to ‘break rules’ and develop their own style.

Subjects: Applications (stat.AP); Other Computer Science (cs.OH)  
Cite as: [arXiv:1403.4512 \[stat.AP\]](#)  
[or \[arXiv:1403.4512v1 \\[stat.AP\\]\]\(#\) for this version](#)

**Figura 41 : A quantitative approach to painting styles. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. (arXiv 2013)**

# Contribuições artísticas

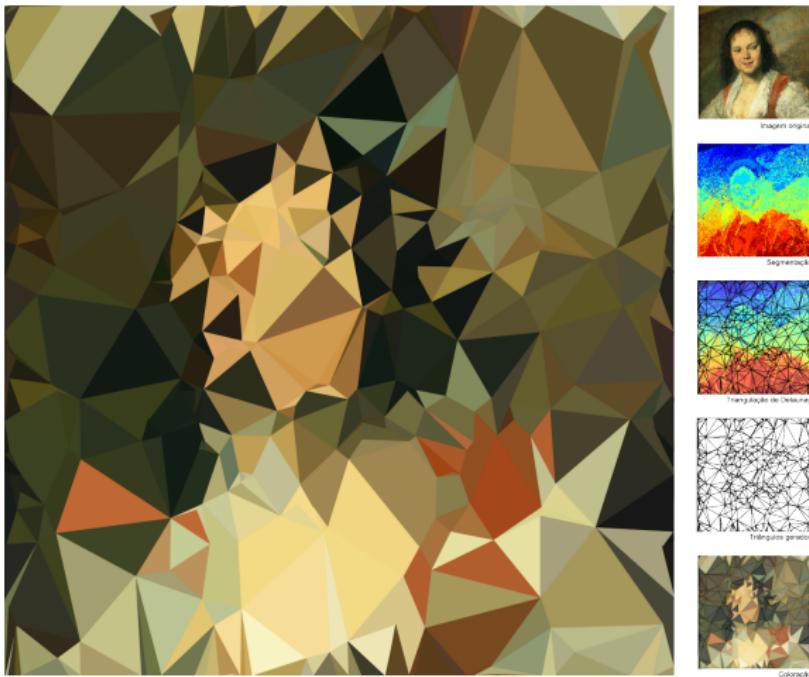


Figura 42 : Imagens generativas por triangulação de Delaunay.

# Contribuições artísticas



**Figura 42 :** Publicação impressa em revista independente. *Fonte:* Quiosque.

## Trabalhos futuros

- ▶ Número de pintores e pinturas pode ser expandido, incluindo novos períodos.
- ▶ Pode-se focar em apenas um período, buscando especificidades do período.
- ▶ Um conjunto de pintores específico pode ser analisado.
  - ▶ Rafael, Poussin, Reni e Carracci;
  - ▶ Filhos de Frans Hals e ele próprio;
  - ▶ Cézanne, Matisse e Picasso.
- ▶ Aplicação do mesmo método para outras áreas (e.g. MPB, Cinema e Literatura).
- ▶ Utilização do método para geração de pinturas.

## Trabalhos futuros

- ▶ Número de pintores e pinturas pode ser expandido, incluindo novos períodos.
- ▶ Pode-se focar em apenas um período, buscando especificidades do período.
- ▶ Um conjunto de pintores específico pode ser analisado.
  - ▶ Rafael, Poussin, Reni e Carracci;
  - ▶ Filhos de Frans Hals e ele próprio;
  - ▶ Cézanne, Matisse e Picasso.
- ▶ Aplicação do mesmo método para outras áreas (e.g. MPB, Cinema e Literatura).
- ▶ Utilização do método para geração de pinturas.

## Trabalhos futuros

- ▶ Número de pintores e pinturas pode ser expandido, incluindo novos períodos.
- ▶ Pode-se focar em apenas um período, buscando especificidades do período.
- ▶ Um conjunto de pintores específico pode ser analisado.
  - ▶ Rafael, Poussin, Reni e Carracci;
  - ▶ Filhos de Frans Hals e ele próprio;
  - ▶ Cézanne, Matisse e Picasso.
- ▶ Aplicação do mesmo método para outras áreas (e.g. MPB, Cinema e Literatura).
- ▶ Utilização do método para geração de pinturas.

## Trabalhos futuros

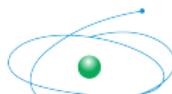
- ▶ Número de pintores e pinturas pode ser expandido, incluindo novos períodos.
- ▶ Pode-se focar em apenas um período, buscando especificidades do período.
- ▶ Um conjunto de pintores específico pode ser analisado.
  - ▶ Rafael, Poussin, Reni e Carracci;
  - ▶ Filhos de Frans Hals e ele próprio;
  - ▶ Cézanne, Matisse e Picasso.
- ▶ Aplicação do mesmo método para outras áreas (e.g. MPB, Cinema e Literatura).
- ▶ Utilização do método para geração de pinturas.

## Trabalhos futuros

- ▶ Número de pintores e pinturas pode ser expandido, incluindo novos períodos.
- ▶ Pode-se focar em apenas um período, buscando especificidades do período.
- ▶ Um conjunto de pintores específico pode ser analisado.
  - ▶ Rafael, Poussin, Reni e Carracci;
  - ▶ Filhos de Frans Hals e ele próprio;
  - ▶ Cézanne, Matisse e Picasso.
- ▶ Aplicação do mesmo método para outras áreas (e.g. MPB, Cinema e Literatura).
- ▶ Utilização do método para geração de pinturas.

# Agradecimentos

- ▶ Orientador prof. Gonzalo Travieso e co-orientador prof. Luciano da Fontoura Costa.
- ▶ Familiares, amigos e minha Gabriela.
- ▶ LabMacambira.sf.net e meus irmãos Renato e Ricardo Fabbri.
- ▶ CAPES (2011-2013).



# Estrutura da apresentação

1 Introdução

2 Caso de estudo

3 Análise das pinturas

4 Resultados

5 Conclusões

6 Referências

## Referências I

- Luciano da Fontoura Costa and Roberto Marcondes Cesar Junior.  
*Shape analysis and classification.* CRC Press, Inc, Boca Raton, USA, 2000.
- A. Dempsey. *Styles, schools and movements.* Word of art : modern and contemporary art. Thames and Hudson, New York, 2005.
- Ronald A Fisher. The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Annals of Eugenics*, 7(2):179–188, 1936.
- E.H. Gombrich. *The story of art.* Phaidon Press, London, 1995.
- Rafael C Gonzalez and Richard E Woods. *Processamento de imagens digitais.* Edgard Blucher, São Paulo, 2000.

## Referências II

- Robert M. Haralick, Its'hak Dinstein, and K. Shanmugam.  
Textural features for image classification. *IEEE Transactions On Systems Man And Cybernetics*, 3(6):610–621, 1973. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4309314>.
- Anil Jain and Douglas Zongker. Feature selection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 19(2):153–158, 1997.
- Lev Manovich. Style space: how to compare image sets and follow their evolution (draft text), 2011. URL <http://lab.softwarestudies.com/2011/08/style-space-how-to-compare-image-sets.html>.

## Referências III

- Juan Romero, Penousal Machado, Adrian Carballal, and Antonino Santos. Using complexity estimates in aesthetic image classification. *Journal of Mathematics and the Arts*, 6(2-3): 125–136, 2012. URL <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17513472.2012.679514>.
- Vincent Van Gogh and Vincent Van Gough. *The complete letters of Vincent van Gogh*, volume 3. Thames and Hudson, London, 1958.
- Vilson Vieira, Renato Fabbri, Gonzalo Travieso, Osvaldo N Oliveira Jr, and Luciano da Fontoura Costa. A quantitative approach to evolution of music and philosophy. *Journal of Statistical Mechanics*, 2012(08):P08010, 2012. URL <http://stacks.iop.org/1742-5468/2012/i=08/a=P08010>.
- H.L. Williams. *Hegel, Heraclitus, and Marx's dialectic*. St. Martin's Press, New York, 1989.