Visão Computacional
Aula 13

Segmentação de Imagens
Transformada Hough

Computer Vision - A Modern Approach
Set: Introduction to Vision
Slides by D.A. Forsyth
Adapted by Flávio Vidal

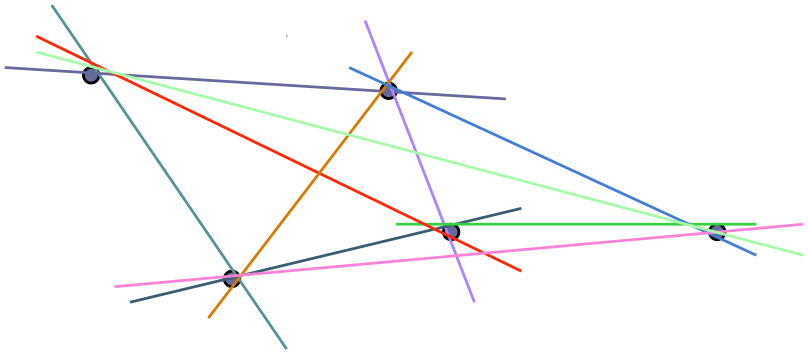
Transformada Hough

- Processamento global para a detecção de linhas retas numa imagem
- Nenhum conhecimento é necessário a respeito da posição das linhas

- Método robusto que pode ser generalizado a outras formas geométricas

• Suponha que para uma imagem de *n* pontos queiramos encontrar subconjuntos destes pontos que sejam colineares:

Ideia 1: Encontrar todas as linhas determinadas por cada par de pontos e, então, encontrar todos os subconjuntos de pontos constituindo uma linha em particular.



10 retas

Complexidade : n(n - 1)/2, i.e., $O(n^2)$ para se encontrar todas as linhas

e

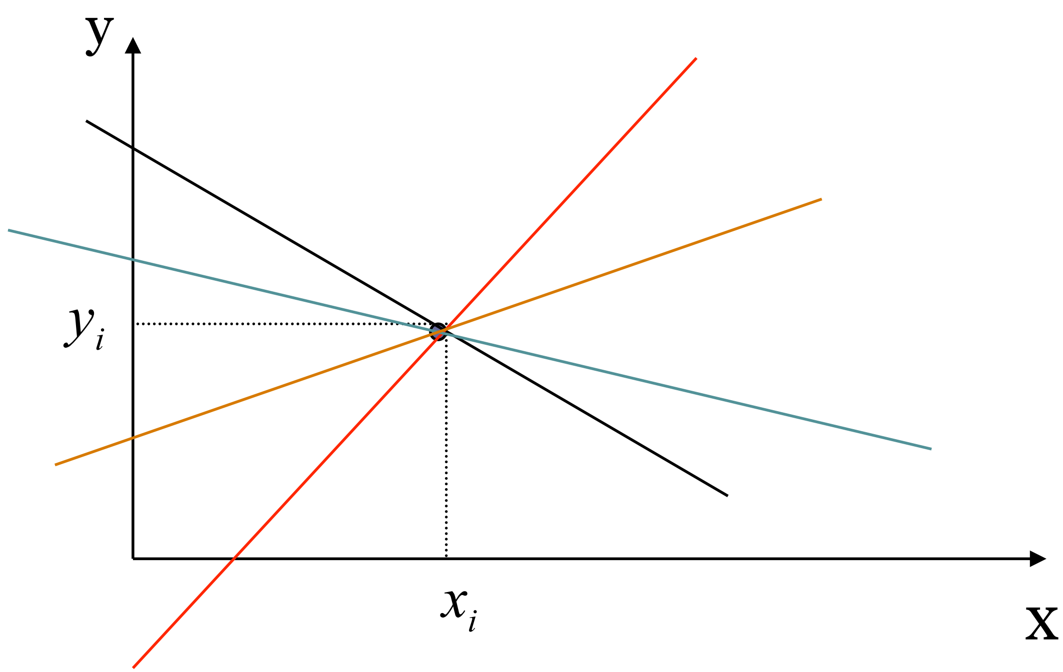
$n[n(n-1)/2]$, i.e., $O(n^3)$ para comparação de cada ponto com todas as linhas

Idéia 2: Transformada de Hough (1962)

- Considere um ponto (x_i, y_i) da imagem e a equação geral da reta:

$$y_i = ax_i + b$$

- Pelo ponto (x_i, y_i) passam infinitas retas (no plano contínuo) com valores de a e b variáveis.

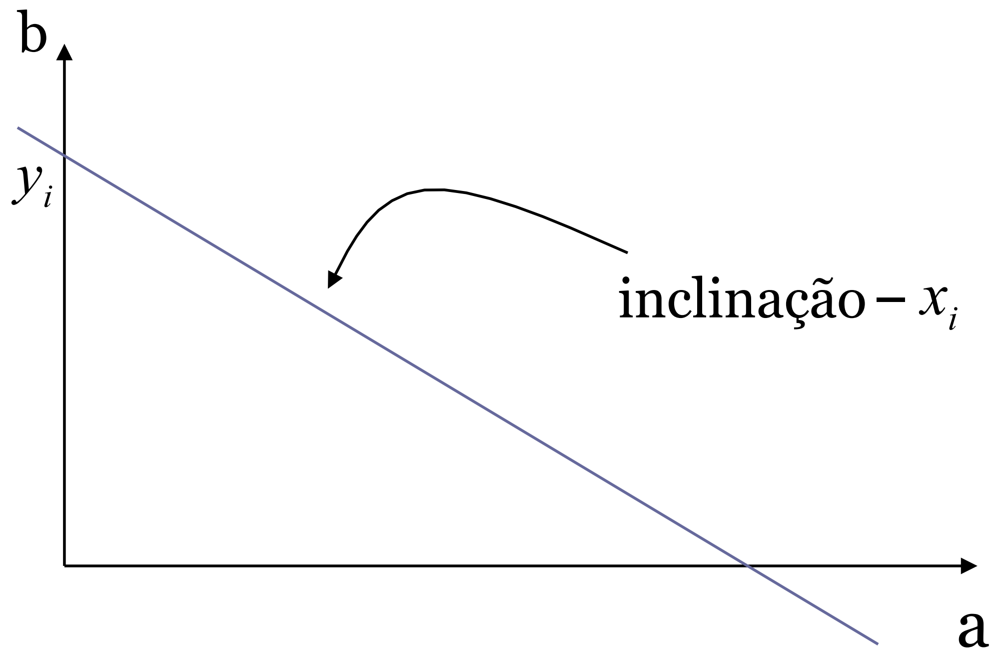


Todas estas retas obedecem à equação $y_i = ax_i + b$, com a e b **variáveis**.

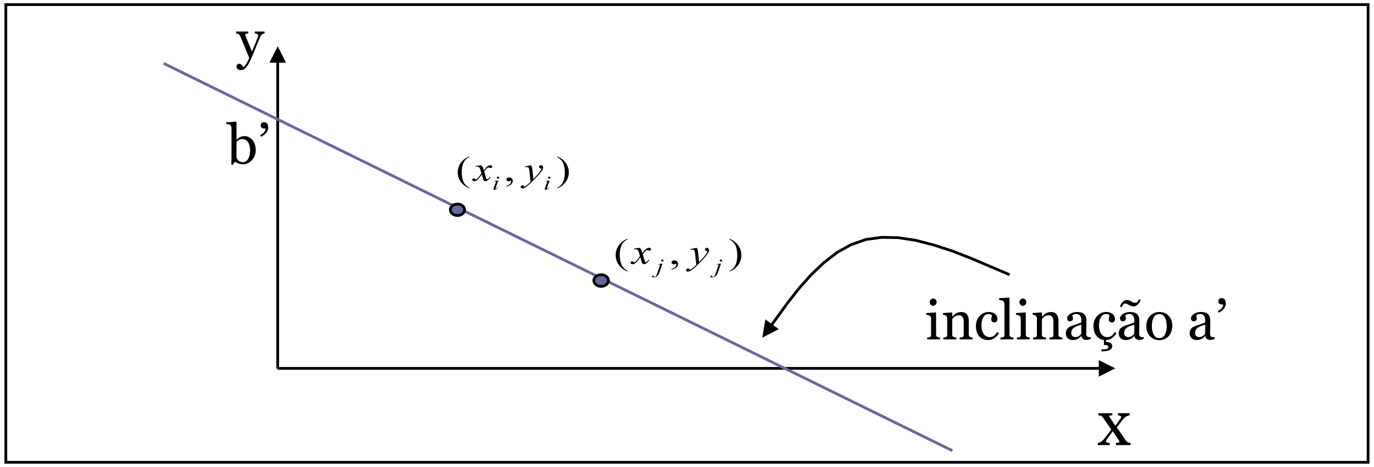
Assim, escrevendo a equação da reta na forma:

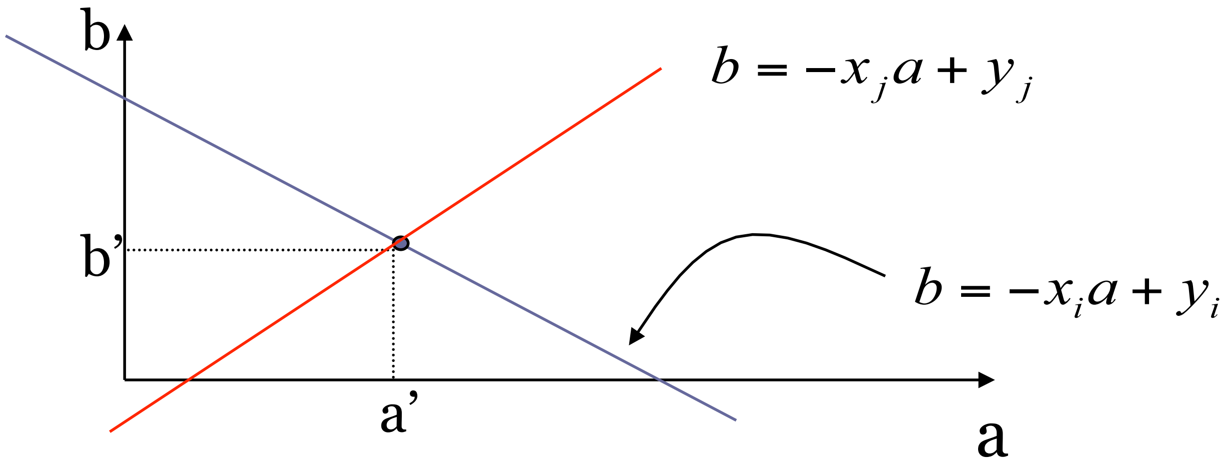
$$b = -x_i a + y_i \quad ,$$

e considerando o plano *ab* (espaço de parâmetros), definimos uma reta de inclinação x_i e ponto de intersecção y_i



Um outro ponto (x_j, y_j) introduzido no plano *xy* também terá uma reta no espaço *ab*. Esta reta intersecciona a primeira no ponto (a’, b’) correspondente aos parâmetros da reta que une (x_i, y_i) a (x_j, y_j) .

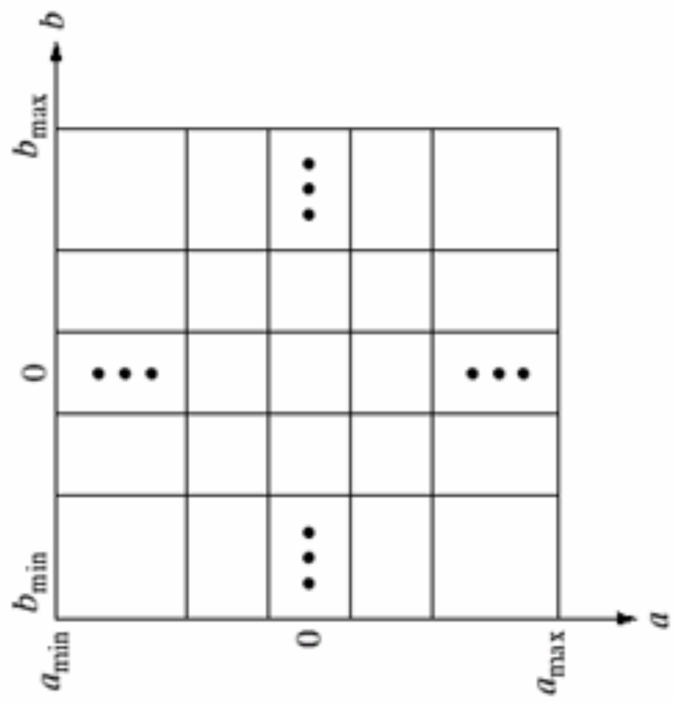




Assim, todos os pontos pertencentes à mesma reta em *xy* têm intersecção, no plano *ab*, no ponto (a',b').

Implementação

- Subdivide-se o espaço de parâmetros em **células acumuladoras**



$(a_{\min}, a_{\max})$ e $(b_{\min}, b_{\max})$ são os valores mínimos e máximos permitidos para a inclinação e intersecção das retas, respectivamente. Cada célula (i,j), com acumulador A(i,j), guarda o número de ocorrências de a_i, b_j .

• Inicialmente, estas células têm valor *zero*

• Para cada ponto x_k, y_k no plano *xy*, considera-se o parâmetro *a* igual aos valores possíveis de *a* (na subdivisão do espaço *ab*) e calcula-se *b* na equação:

$$b = -x_k a + y_k$$

• Se um valor de a_p resulta em b_q, então A(p,q) = A(p,q)+1

• No final, M valores em A(i,j) correspondem a uma reta com M pontos e parâmetros a_i, b_j isto é, $y = a_i x + b_j$

Obs.: Este método define *nk* computações, para *k* incrementos de *a* e *b* no plano *ab*, e *n* pontos da imagem.

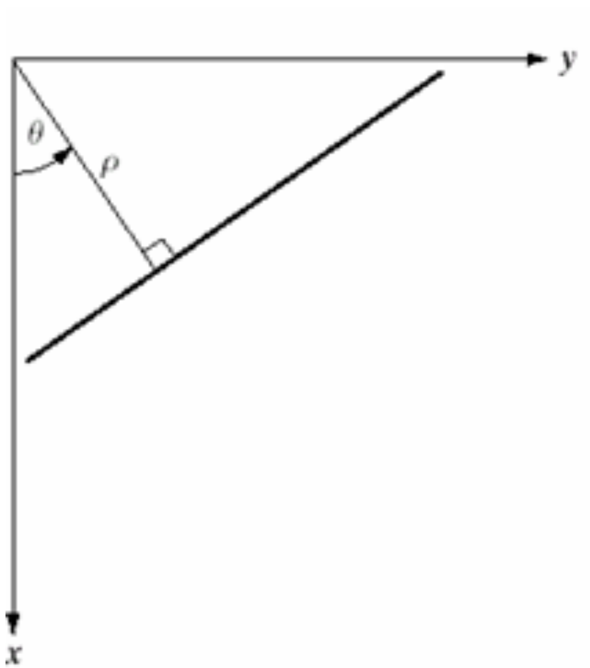
Problema:

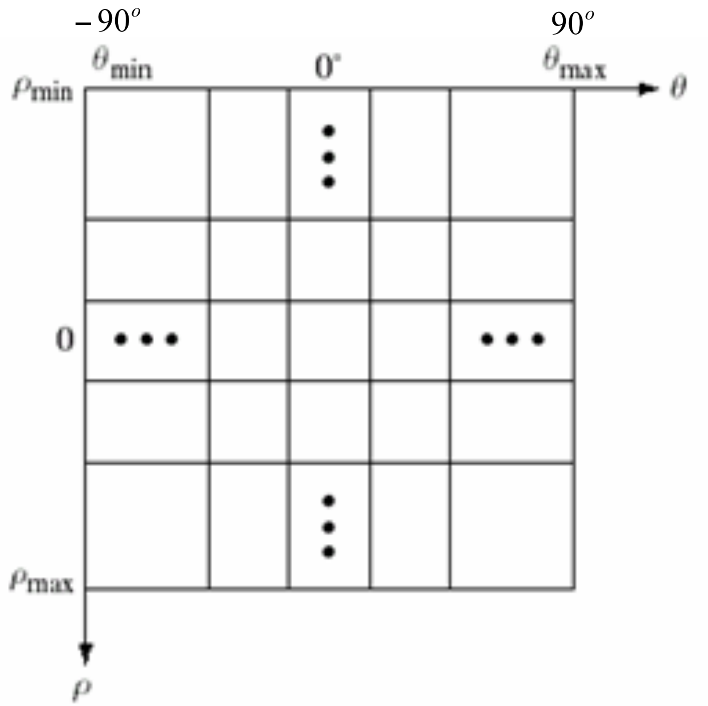
Os valores de a e b tendem para infinito à medida que as retas se tornam verticais.

<u>Alternativa</u>: Considerar a representação normal da reta (em coordenadas polares): $x \cos\theta + y sen\theta = \rho$

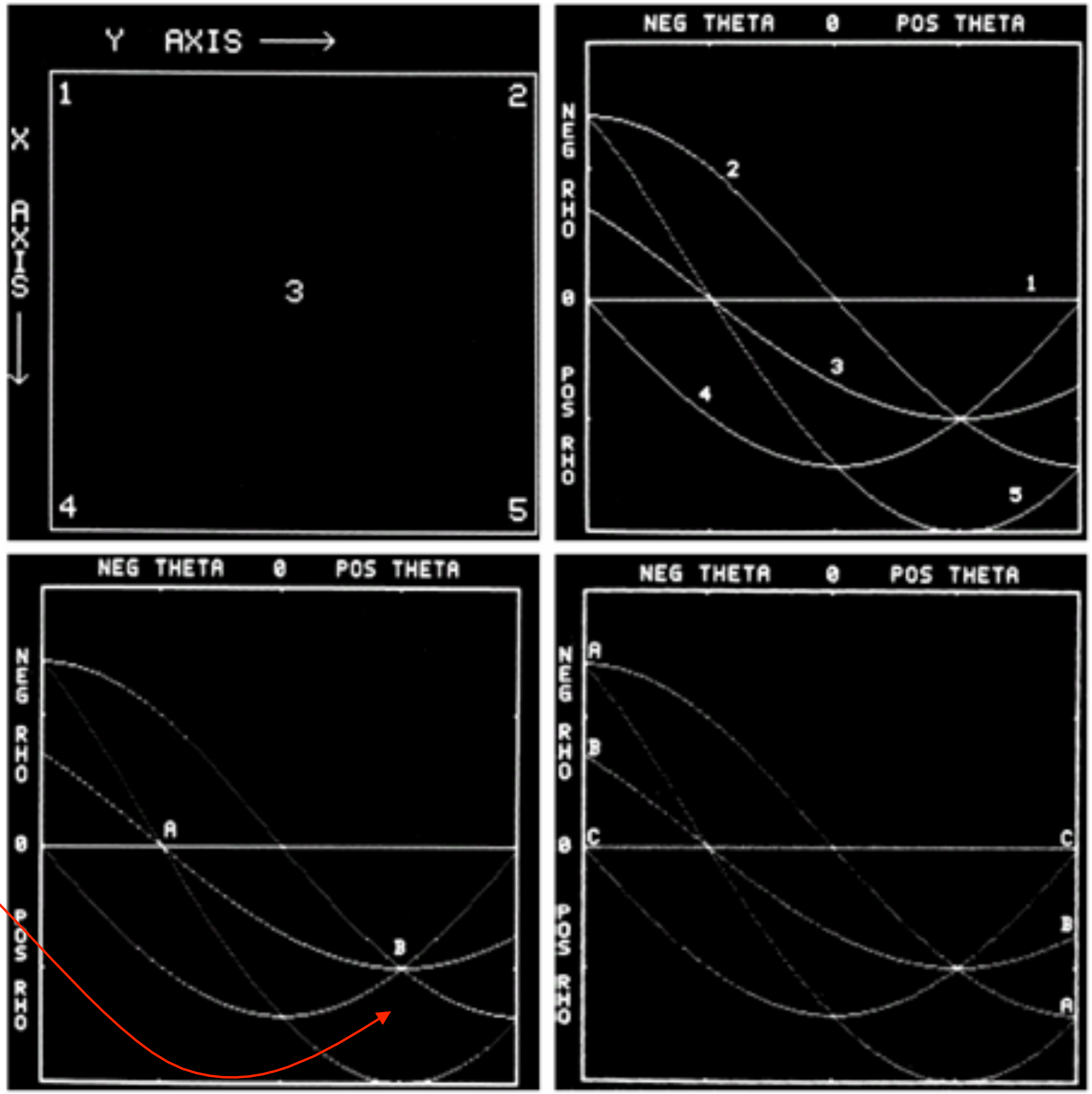
ρ é a distância perpendicular da reta à origem do plano *xy e*

θ é o ângulo desta reta perpendicular, em relação ao eixo x.

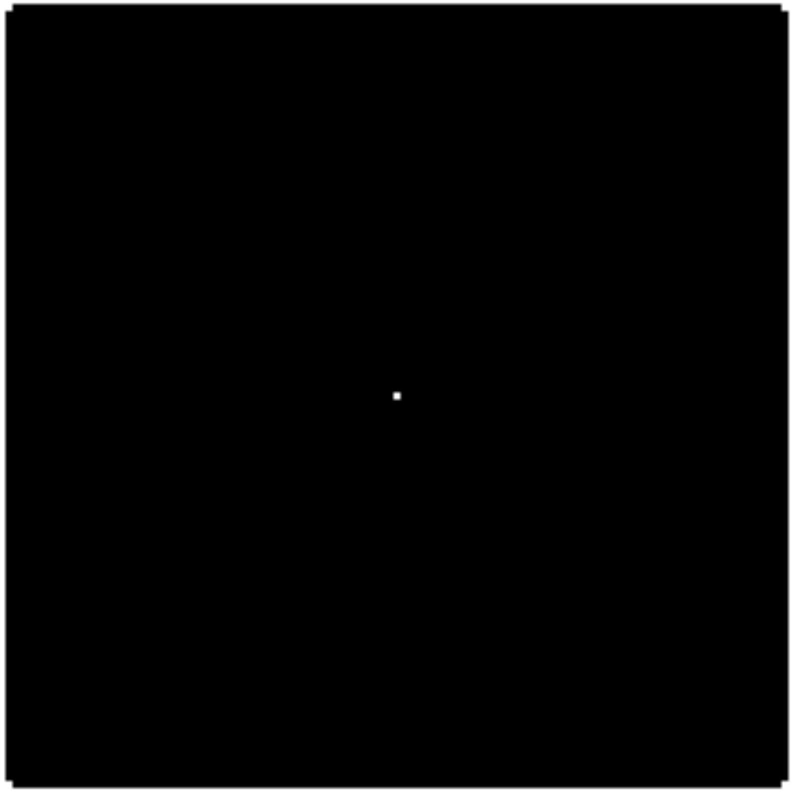


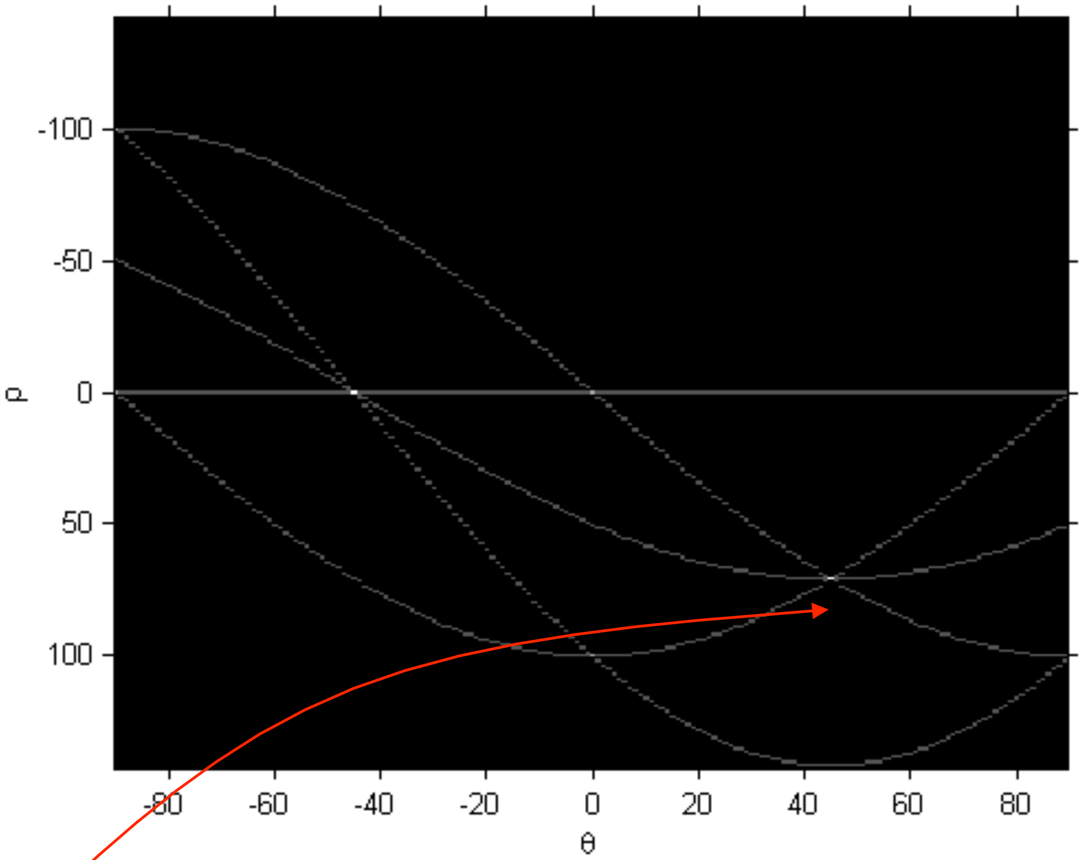


As curvas obtidas no espaço $\rho\theta$ são senoidais ao invés de retas



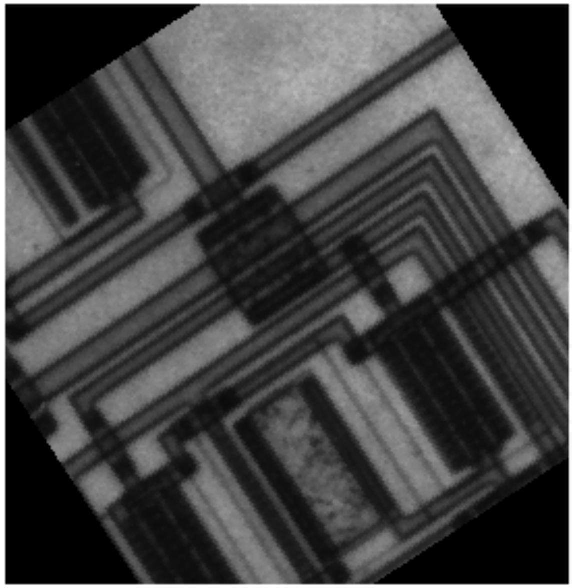
45^o



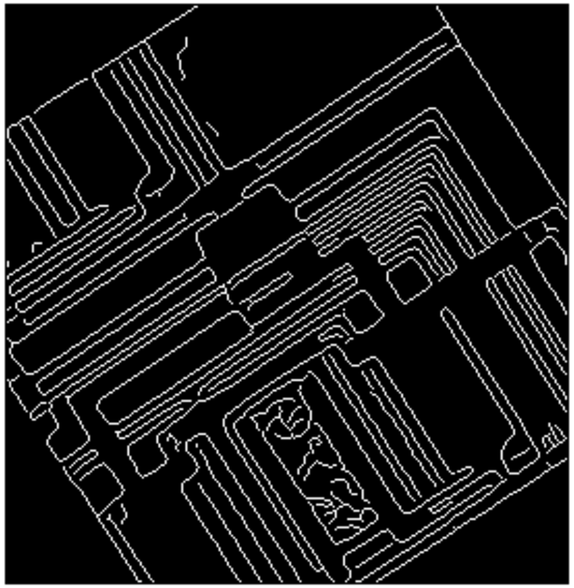


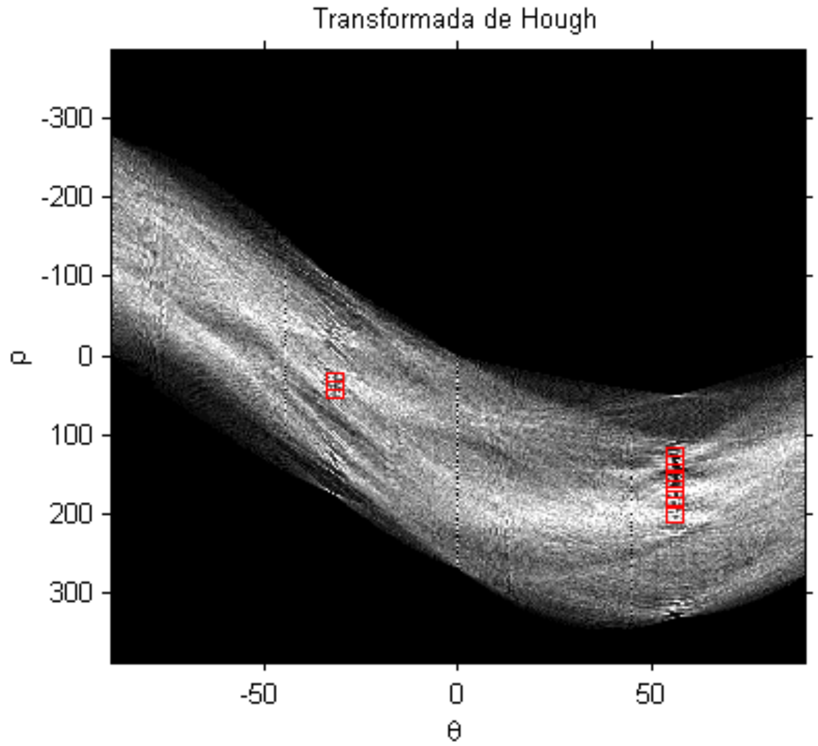
45^o

Original



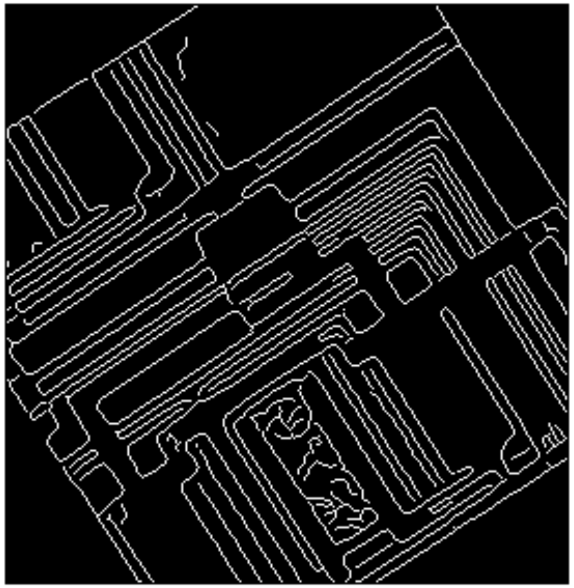
Contornos



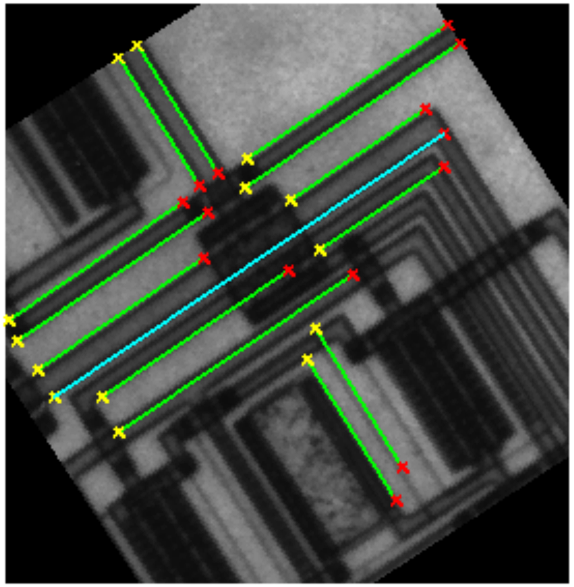


Exemplo 1

Contornos

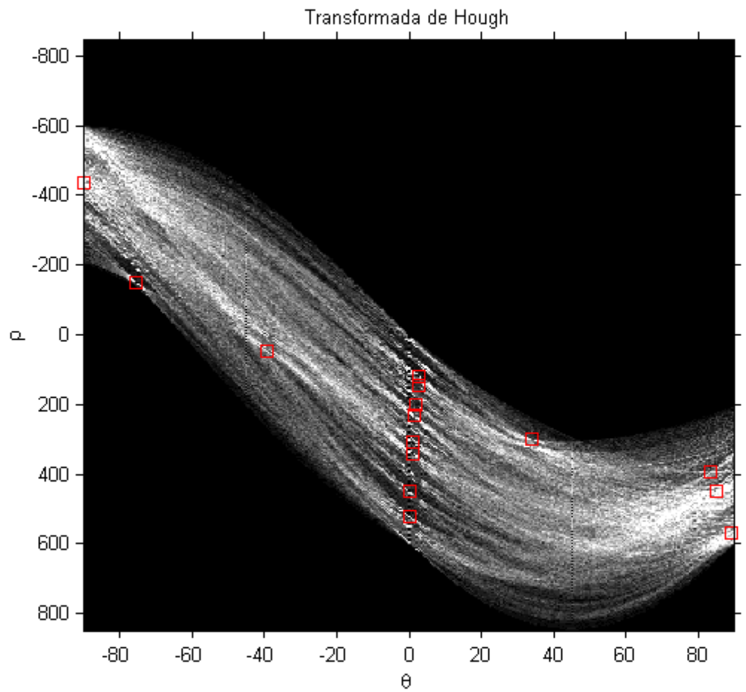


Detecção de linhas



Original

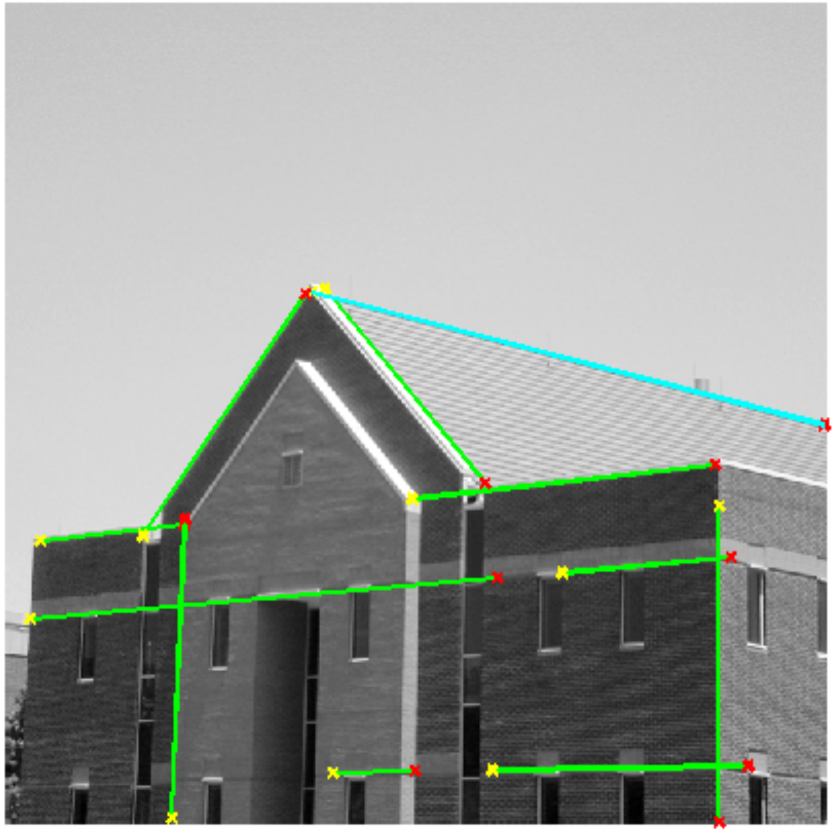
Contornos



Exemplo 2

Contornos

Detecção de linhas



Generalização

• A transformada de Hough pode ser aplicada a qualquer função da forma g(**v**,**c**) = 0, em que **v** é um vetor de coordenadas e **c**, o de coeficientes.

Por exemplo, a função

$$(x - c_1)^2 + (y - c_2)^2 = c_3{}^2$$

pode ser considerada para a determinação de círculos na imagem centrados em

(c_1, c_2) e de raio c_3. Neste caso, o espaço de parâmetros (c_1, c_2, c_3) define

o plano tridimensional $c_1 c_2 c_3$.

• O processo de detecção é o mesmo definido anteriormente: a partir dos pontos x, y, considera-se, por exemplo, os valores de c_1 e c_2 para se encontrar c_3 no plano $c_1 c_2 c_3$ devidamente subdividido.

Redução da complexidade computacional

- Introduzir a informação do gradiente dos contornos

Algoritmo:

1. A(a,b) = 0
2. calcular Δ_x e Δ_y (usando o operador Sobel, por exemplo)
3. Se magnitude do gradiente no ponto (x,y) > **Limiar**, calcular $a = \frac{\Delta_y}{\Delta_x}$
4. Calcular b = -ax+y
5. Incrementar acumulador: A(a,b)=A(a,b)+1
6. Repetir passos 3-5 para todos os pontos do contorno
7. Pontos de máximo (picos) em A(a,b) representam retas de parâmetro a,b

Próxima aula...

- Reconhecimento de Padrões