



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

# INSPEÇÃO AUTOMÁTICA DE TELAS DE TV E MONITORES

Felipe de Souza Farias

Manaus – Amazonas

Janeiro de 2016

Felipe de Souza Farias

# INSPEÇÃO AUTOMÁTICA DE TELAS DE TV E MONITORES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica na área de concentração Controle e Automação de Sistemas.

Orientador: Prof. D.Sc. Waldir Sabino da Silva Júnior

Co-orientador: Prof. D.Sc. Eddie Batista de Lima Filho

Felipe de Souza Farias

# INSPEÇÃO AUTOMÁTICA DE TELAS DE TV E MONITORES

Banca Examinadora

Prof. D.Sc. Waldir Sabino da Silva Júnior – Orientador

Departamento de Eletrônica e Computação – UFAM

Prof. D.Sc. Eddie Batista de Lima Filho – Coorientador

CT-PIM

Prof. D.Sc.

Manaus – Amazonas

Janeiro de 2016

# Agradecimentos

- Primeiramente .

Resumo da Dissertação apresentada à UFAM como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica

## INSPEÇÃO AUTOMÁTICA DE TELAS DE TV E MONITORES

Felipe de Souza Farias

Orientadores: Waldir Sabino da Silva Júnior

Eddie Batista de Lima Filho

Programa: Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Atualmente, o FAZER

Palavras-chave: fazer

Abstract of Dissertation presented to UFAM as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Electrical Engineering

## AUTOMATIC INSPECTION OF TV SCREENS AND MONITORS

Felipe de Souza Farias

Advisors: Waldir Sabino da Silva Júnior

Eddie Batista de Lima Filho

Department: Postgraduate in Electrical Engineering

Currently, the FAZER Keywords: fazer

# Contents

<b>1</b>	<b>Metodologia Proposta</b>	<b>1</b>
1.1	Detecção de Bordas . . . . .	2
1.1.1	Obtenção do Gradiente . . . . .	2
1.1.2	Detecção de Candidatos . . . . .	4
1.1.3	Verificação de Candidatos . . . . .	4
1.2	Identificação de Linhas . . . . .	5
1.2.1	Transformada de Hough . . . . .	5
1.2.2	Esquema de Mesclagem de Linhas . . . . .	6
1.3	Reconhecimento de Retângulos . . . . .	7
1.3.1	Sistema de Vizinhança . . . . .	8
1.3.2	Marcação de Linhas . . . . .	9
1.3.3	Escolha do Retângulo que Representa a Tela . . . . .	11
1.3.4	Redimensionamento . . . . .	12
1.3.5	Métricas de Desempenho . . . . .	14
<b>2</b>	<b>Resultados Experimentais</b>	<b>17</b>
2.1	Base de Dados . . . . .	17
2.1.1	Primeira Base . . . . .	18
2.1.2	Segunda Base . . . . .	18
2.2	Procedimentos . . . . .	19
2.2.1	Primeiro Experimento . . . . .	19
2.2.2	Segundo Experimento . . . . .	20
2.2.3	Terceiro Experimento . . . . .	21

# List of Figures

1.1	Diagrama de blocos do método . . . . .	2
-----	--	---



# List of Tables

# Chapter 1

## Metodologia Proposta

Felipe, não dá para começar uma seção jogando na cara do leitor o que o método faz... Aqui você deve colocar um ou dois parágrafos falando que o método foi organizado de modo a detectar bordas de tv em imagens, as quais são tratadas como objetos quadrangulares. Estes, por sua vez, são definidos por quatro lados, ou seja, linhas. Sendo assim, determinou-se, com base no algoritmo de fulano de tal (aquela ref dos japoneses), que isso seria feito em quatro passos: detecção de bordas, pois as linhas da tela são nada mais, nada menos que as bordas entre o quadro e a tela, identificação das linhas, com o objetivo de reconhecer componentes conectados, reconhecimento de retângulos, para que linhas formando retângulos sejam separadas, e escolha do retângulo, que deve atender a certos critérios, como relação de aspecto de 4:3 ou 16:9... Entendeu? Coloque uns dois parágrafos sobre isso e essas explicações rápidas que eu coloquei, sobre cada passo, devem ser melhoradas e colocadas ao lado de cada item na lista (itemize). Ao final, fale que cada passo será detalhado nas próximas seções... O método proposto nesta dissertação para extração de conteúdo de telas de TV e monitores é dividido em quatro etapas:

- detecção de bordas na imagem;
- identificação das linhas;
- reconhecimento de retângulos;
- escolha do retângulo que representa a tela;

A figura 1 ilustra os estágios do método. Cada um deles será detalhado a seguir.

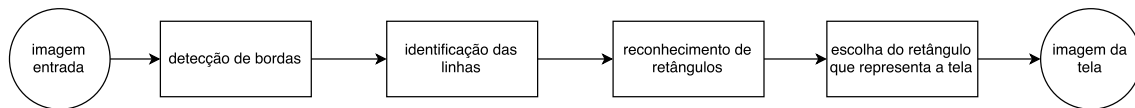


Figure 1.1: Diagrama de blocos do método

## 1.1 Detecção de Bordas

felipe, evite frases obvias... eh claro que eh importante.. outra coisa: comece indicando rapidamente o que ela e depois elabore... A detecção de bordas é uma etapa de preprocessamento importante. Ela é feita usando análise de gradiente multidimensional [?]. Esta técnica é útil por funcionar bem em imagens coloridas e também por gerar informação de ângulo de gradiente, que vai ser útil nas próximas etapas do processamento.

Dada uma imagem colorida, o gradiente é obtido calculando e depois combinando as seis derivadas de primeira ordem (duas pra cada canal R,G e B da imagem) e depois implementando um esquema de seleção e verificação de candidatos para formar a imagem de borda. Este esquema é composto por duas fases: um pixel é selecionado como candidato caso sua magnitude de gradiente seja maior que a magnitude dos seus vizinhos na direção do gradiente. A fim de evitar ruído, a verificação descarta candidatos segundo dois critérios: se o candidato não tem vizinhos também candidatos, e se a magnitude do gradiente daquele pixel é muito diferente da magnitude dos seus vizinhos na direção do gradiente.

aqui muita coisa tah faltando... mostre as formulas dos gradientes, coloque uma imagem ilustrando a selecao de candidatos e fale todos os detalhes que voce puder... nao economize palavras...

### 1.1.1 Obtenção do Gradiente

voce novamente comece seco... fale o que isso eh... Esta técnica considera uma imagem colorida como um campo vetorial que mapeia um espaço n-dimensional (espaço) em um m-dimensional (canais), como mostrado em [Lee e Cok] nao referencie diretamente a referencia... coloque o nome dos autores e depois a ref... ex: como mostrado por Farias et al. [2]. Portanto, dado um campo vetorial representado pela função  $f : S \rightarrow R^m$ , uma imagem pode ser representada como um subespaço de  $f$

dado por  $Vn- > m$ .

Considerando uma imagem bidimensional com três canais (um para cada canal de cor r, g e b),  $DV$  é a matriz que mostra a variação dos valores de R, G e B no espaço infinitesimal  $dx$  e  $dy$ .

$$DV = (dxdy)Jc^T$$

para alinhar a esquerda, use 'noindent'...

em que  $Jc$  é a matriz jacobiana, que tem a seguinte forma:

$$Jc = \begin{bmatrix} dr/dx & dr/dy \\ dg/dx & dg/dy \\ db/dx & db/dy \end{bmatrix}$$

$DV^2$  é a matriz que mostra a taxa de variação dos valores da matriz  $DV$ . Ela é dada por:

$$DV^2 = (dxdy)Mc(dxdy)^T$$

$$\text{em que } Mc = Jc^T Jc = \begin{bmatrix} Mxx & Mxy \\ Mxy & Myy \end{bmatrix}$$

$$Mxx = (dr/dx)^2 + (dg/dx)^2 + (db/dx)^2$$

$$Mxy = (dr/dx)(dr/dy) + (dg/dx)(dg/dy) + (db/dx)(db/dy)$$

$$Myy = (dr/dy)^2 + (dg/dy)^2 + (db/dy)^2$$

Maximizando esses valores para cada ponto de  $DV^2$ , são obtidas a magnitude e direção do gradiente. Isso é conseguido maximizando os valores de  $Mc$ , o que é um problema de autovalores. O maior autovalor de  $Mc$  é dado por:

$$V = (\sqrt{((Mxx + Myy)^2 - 4x(Mxx \times Myy - (Mxy)^2))} + Mxx + Myy)/2$$

e seu autovetor correspondente é  $\{Mxy, V - Myy\}/2$ . Portanto a direção do gradiente é dada por:

$$\theta = \tan^{-1}((V - Mxx)/Mxy)$$

A raiz quadrada do maior autovalor  $V$  e seu autovetor correspondente são equivalentes à magnitude e direção do gradiente em um ponto da imagem. Portanto, para cada pixel  $(i, j)$ , seu gradiente é encontrado computando seus autovalores e autovetores com as equações acima descritas.

aqui valem o mesmos comentarios da secao anterior e ainda tem o fato de voce ter colocado exatamente como estah no artigo dos caras... nao faca isso... o leitor tem que ver que voce colocou o seu entendimento e nao uma copia do que leu... Por exemplo, comente sobre o significado da jacobiana, fale se isso pode ser usado em outras imagem com tres canais (HSV, Lab, etc...) e gaste bastante texto explicando cada um dos elementos:  $V$ ,  $Mxy$ ,  $Myy$  e  $\theta$ ... manjou?

«««< HEAD

===== »»»> 5efb18d5c7289de0e678f15c603552aea62833ee

### 1.1.2 Detecção de Candidatos

nao dah para deixar uma secao com este tamanho... fale mais e coloque uma figura... os mesmos comentarios da primeira secao valem aqui

Após calcular a matriz  $Mc$  para cada pixel da imagem e seus valores de  $V$  e  $\theta$ , os pixels com máxima local de magnitude de gradiente na direção dele, ou seja, os pixels cuja magnitude seja maior que a dos seus dois vizinhos na direção do gradiente, são considerados candidatos a pixels de borda.

### 1.1.3 Verificação de Candidatos

Após a detecção é implementado um esquema de verificação para descartar falsos pixels de borda, como os gerados por ruído **coloque uma refe aqui... que tipo de ruido? de onde?**. Ele é baseado em duas operações que se aproveitam das informações obtidas anteriormente e de análise das regiões das imagens:

novamente voce economiza palavras... assim nao da... coloque tudo... quero

figuras, explicacoes, insights, modificacoes, etc.

- Primeiramente, se um candidato não tiver vizinhos também candidatos, ele é considerado ruído e descartado;
- Foi percebido que não há variação muito grande entre as magnitudes de píxeis de borda vizinhos. Portanto, se a magnitude do gradiente de um pixel é muito diferente da dos seus vizinhos, o candidato é descartado. A seguinte inequação é definida para avaliar a diferença:

$$(sum(|V(i, j) - V(i + p, j + q)|) - sum(V(i + p, j + q))) > 0$$

## 1.2 Identificação de Linhas

nao vou nem comentar isso... ajeite...

Após detectar as bordas da imagem, se faz necessário ligar os píxeis de borda vizinhos e com orientações semelhantes em conjuntos de segmentos de retas. Com isso, é preparado o terreno para a próxima etapa, que rotula linhas como pertencentes a objetos retangulares.

A identificação de linhas é feita utilizando a transformada de Hough. Devido ao ruído e a diferenças na iluminação, é possível que segmentos de reta tenham descontinuidades. Para atacar este problema, é implementado um esquema para mesclar segmentos que pareçam pertencer à mesma linha (**manter o texto desse jeito? não ta muito informal?**) **tah bem ruim...**

### 1.2.1 Transformada de Hough

cade o texto falando rapidamente sobre a transformada? como ela surgiu? qual era o objetivo? encontrar pontos com mesmo rho e theta, o que significa que provavelmente fazem parte da mesma linha... e a votacao? cade as figuras? que variante de hough foi usada?... os mesmos comentarios das secoes anteriores valem aqui... e para de fazer tudo a prestacao... coloque as imagens logo...

A transformada de Hough funciona transformando cada pixel na imagem em uma linha reta no espaço paramétrico. Duda e Hart [fonte] propuseram uma

parametrização que encaixa os píxeis no espaço  $x$   $y$  em uma reta  $\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$ , onde  $\rho$  é a distância entre a origem da imagem e a reta, pelo seu ponto mais próximo, e  $\theta$  é o ângulo que a normal à reta faz com o eixo  $x$ .

FIGURA COM UMA RETA MOSTRANDO  $\rho$  E  $\theta$

Assim, dado um pixel de borda, para cada possível reta que passe por ele, é computado um ponto no espaço  $(\rho, \theta)$ . O conjunto de linhas possíveis passando por um determinado ponto forma um senoide naquele espaço. Com dois ou mais pontos na imagem pertencendo à mesma linha, as sinusoides que os representam se tocam justamente no ponto que representa a mesma.

FIGURA REPRESENTANDO DOIS PONTOS LIGADOS À MESMA LINHA E O SEU ESPAÇO PARAMÉTRICO

O algoritmo para encontrar linhas utilizando a transformada de Hough, portanto, tem os seguintes passos:

- escanear toda a imagem de borda e computar, para cada pixel assinalado como borda, seu conjunto de coordenadas no espaço paramétrico  $(\rho, \theta)$ . Os parâmetros  $\rho$  e  $\theta$  são quantizados com um  $d\rho = 10$  e  $d\theta = 1$ ;
- escanear o espaço paramétrico e encontrar os pontos que mais se interceptam. A fim de evitar linhas pequenas demais, é estabelecido um limiar mínimo de tamanho das linhas;
- para cada um dos pontos assinalados no espaço paramétrico, procurar os pontos da imagem que passam por aquela reta para assinalar iniciais e finais das linhas;

### 1.2.2 Esquema de Mesclagem de Linhas

Utilizando os conhecimentos sobre o problema e análise espacial das linhas, foram desenvolvidos esquemas para mesclar segmentos de reta que foram separados por culpa do ruído ou de diferenças na iluminação, assim como para eliminar linhas que têm pouco valor para as próximas etapas do processamento.

Iluminação ou ruído podem interferir na correta detecção de linhas. Com isso, o mesmo segmento pode acabar sendo detectado como dois segmentos menores. A fim de atacar este problema, esta parte do algoritmo mescla linhas encontradas

no processo anterior segundo os seguintes critérios: **tudo que voce puder explicar por formulas, explique... coloque formulas, mesmo que simples, pois isso cria uma linguagem matematica... por exemplo, no primeiro abaixo, coloque  $(\rho_1 - \rho_2) < \delta$ .. entendeu?**

- As linhas devem ter orientação e distância da origem semelhante. Devido ao ruído e a problemas na quantização, é possível que algumas linhas do mesmo segmento tenham orientação ou distância da origem um pouco diferentes entre si;
- A distância entre os segmentos deve ser muito pequena (não maior que 5 pixels);
- Segmentos paralelos não podem se sobrepor significativamente quando projetados na direção perpendicular à linha;

Aproveitando-se das características geométricas particulares de telas de TV e monitores, esta parte do algoritmo busca descartar linhas que têm ângulos muito diferentes de  $0^\circ$  e  $90^\circ$ . Assim, não só a próxima etapa terá menos linhas para analisar quanto eliminará linhas que podem gerar falsos positivos. Ele faz uma busca em todas as linhas encontradas, selecionando as que têm ângulo fora da faixa entre  $0^\circ$  e  $5^\circ$  e  $85^\circ$  e  $90^\circ$  e eliminando-as da lista de linhas a se analisar.

Através deste esquema, são identificados e selecionados os segmentos de reta pertencentes à imagem de borda que serão utilizadas na detecção de retângulos.

## 1.3 Reconhecimento de Retângulos

Após identificar as linhas presentes na imagem e eliminar as que não são interessantes, é feita a classificação de certas linhas como sendo pertencentes ou não ao lado de um objeto retangular através de um modelo baseado no Campo Aleatório de Markov (MRF).

**nao da para falar de cadeias de markov sem referencias... isso vale para todo o texto... onde tiver uma afirmacao ou algo que nao foi explicado diretamente no texto, coloque uma referencia**

**vou parar aqui... tudo que eu falei anteriormente vale para todo o texto...**



O MRF é uma técnica adequada para a resolução do problema porque a probabilidade de uma linha vir a pertencer ao lado de um retângulo depende principalmente dos seus vizinhos. Mapeando estas características, é possível montar um modelo MRF para rotular segmentos. Primeiramente, um sistema de vizinhanças é formado para prover o modelo de informações espaciais sobre as linhas. Após isto, um algoritmo de aprendizado utiliza estas informações para rotular as linhas como pertencentes a um lado de retângulo.

Seja  $L = l1, l2, \dots, ln$  o conjunto de segmentos de linha encontrados no processo anterior,  $d = 1, 2, \dots, n$  o conjunto de índices de  $L$  e  $F = F1, F2, \dots, Fn$  uma família de variáveis aleatórias, em que cada variável  $Fi$  toma um valor de 0 a 1 que indica se a linha  $li$  pertence ao lado de um objeto retangular. Quando  $Fi = 1$ ,  $li$  é considerado um lado de um retângulo.

### 1.3.1 Sistema de Vizinhança

O conjunto de linhas vizinhas da linha  $li$  é representado por  $N(li)$ . Ele é formado por linhas tais que  $li$  não pertence a  $N(li)$  e se  $lj$  pertence a  $N(li)$ ,  $li$  pertence a  $N(lj)$ . Para uma linha  $lj$  ser considerada vizinha de  $li$ , ela deve obedecer a três condições:

- $lj$  deve ser paralela ou perpendicular a  $li$ . Uma variável  $H(i, j)$  é formada para avaliar as relações espaciais entre as linhas  $li$  e  $lj$ . Se  $H(i, j) = 1$ ,  $li$  e  $lj$  são perpendiculares entre si, ao passo que se  $H(i, j) = 0$ ,  $li$  e  $lj$  são paralelas. Caso os ângulos entre  $li$  e  $lj$  não pertençam a nenhuma das categorias anteriores,  $H(i, j) = -1$ ;
- A distância  $D(i, j)$  entre  $li$  e  $lj$  não pode ser muito grande ou muito pequena. A distância é computada de duas formas, dependendo de  $H(i, j)$ . Caso  $H(i, j) = 0$ , a distância entre  $li$  e  $lj$  é a menor distância entre as duas linhas, ou seja, o comprimento de uma reta normal às duas que toca as duas linhas. Neste caso,  $D(i, j)$  deve ser menor que o Maior Tamanho de Retângulo possível (MRS), normalmente igual ao tamanho da imagem, e maior que o Menor Retângulo Possível (MIS). Caso  $H(i, j) = 1$ , a distância é considerada a menor distância entre o dim de um segmento e outro segmento. Neste caso,  $D(i, j)$  deve ser

menor que metade do tamanho do menor segmento;

- Por último, se  $l_i$  e  $l_j$  são paralelos, eles devem se sobrepor em uma porção significativa quando projetados na direção perpendicular às linhas. Se a sobreposição for superior a 60% do tamanho das linhas, elas podem ser vizinhas.

A figura [figura 2] ilustra as condições explicadas. Nela,  $l_1$  e  $l_2$  são linhas paralelas,  $l_3$  é uma linha perpendicular às duas,  $D(1, 2)$  é a distância entre  $l_1$  e  $l_2$  e  $D(2, 3)$  é a distância entre  $l_2$  e  $l_3$ . A projeção da sobreposição da linha  $l_1$  na linha  $l_2$  é o segmento  $AB$ . Somente se  $AB > 0.6 * \max(tam_{l_1}, tam_{l_2})$ ,  $l_2$  será considerado vizinho de  $l_1$ .

#### FIGURA 2 DA REFERENCIA ZERO

Com o sistema de vizinhanças descrito acima, o conjunto  $F$  é assumido como um MRF com suas características locais, para

$$i \in d, P(F_i | F_j, j \in d, j \neq i) = P(F_i | F_j, j \in N(l_i))$$

### 1.3.2 Marcação de Linhas

Sendo  $f = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$  uma configuração de  $F$ , tal que  $\{F_1 = f_1, \dots, F_n = f_n\}$  e  $N = N(L_i) | \forall i \in d$  a coleção de segmentos vizinhos a um segmento de linha, podemos calcular a probabilidade posterior seguindo a distribuição de Gibbs, que é como segue:

$$P(F = f | L) = Z^{-1} \exp[-E(f)/T] \quad (1.1)$$

Em que  $T$  é a temperatura,  $Z$  é o fator de normalização e  $E(f)$  é a função de energia posterior  $E(f) = U(f)/T + U(l|f)$ , onde  $U(f)$  e  $U(l|f)$  são respectivamente a energia anterior e a energia de aproximação.

Assim, o reconhecimento de lado do retângulo pode ser encarado como o seguinte problema de otimização: para um dado  $L$ ,  $\arg \max P(f_i | l_i)$  para cada  $l_i$  é encontrado por  $\arg \min E(f)$ , ou seja, minimizar a função de energia vai maximizar a probabilidade definida na equação 1.1.

Maximizar esta probabilidade vai dar a máxima estimativa posterior de potenciais lados de retângulos na imagem de bordas. A função de energia  $E(f)$  é

minimizada enquanto cada  $f_i$  é convergido para 0 ou 1. A função  $E$  consiste nos quatro termos a seguir:

$$E_1 = \alpha_1 \sum_{i=1}^n \sum_{j \in N(l_i)} f_i f_j D(i, j) \quad (1.2)$$

$$E_2 = \alpha_2 \sum_{i=1}^n \left( \frac{f_i}{LEN_i} \times AVGLEN \right) \quad (1.3)$$

$$E_3 = -\alpha_3 \sum_{i=1}^n (f_i \ln f_i + (1 - f_i) \ln(1 - f_i)) \quad (1.4)$$

$$E_4 = \alpha_4 \sum_{i=1}^n \sum_{j \in N(l_i)} f_i f_j \left\{ H(i, j) \times \min_{k \in (N(l_i) \cap N(l_j))} \frac{D(k, i) + D(k, j)}{f_k} + (1 - H(i, j)) \times \min_{k \in (N(l_i) \cap N(l_j))} \frac{D(k, i) + D(k, j)}{f_k} \right\} \quad (1.5)$$

Onde  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  e  $\alpha_4$  são constantes positivas que controlam as contribuições de cada termo individual da função de energia. AVGLEN é o comprimento médio do conjunto de segmentos L:

$$AVGLEN = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n LEN_i$$

$E_1$  apoia o agrupamento de segmentos próximos uns dos outros.  $E_2$  favorece segmentos longos.  $E_3$  é a entropia da configuração  $f_i$ , empurrando os  $f_i$  para 0 ou 1. Por fim,  $E_4$  favorece dois segmentos vizinhos, ambos próximos de um dos seus vizinhos em comum.

Os  $f_i$  são todos inicializados em 0.5 e a energia é gradualmente reduzida usando um algoritmo gradiente descendente com uma esquema de aprendizado.

$$f_{i(t+1)} = f_{it} - \mu_t \nabla E$$

$$\mu_{(t+1)} = \mu_t - \beta$$

em que  $\mu$  é um parâmetro de passo positivo, que influencia na taxa de convergência,  $\beta$  é uma pequena constante que faz o tamanho do passo diminuir a cada

iteração, e  $\nabla E$  é o gradiente de  $E$ .

Minimizando a energia, os segmentos de  $L$  cujo  $f_i \simeq 1$  são selecionados como lados de objetos retangulares desconhecidos. Se faz necessário, então, um sistema que utilize as informações espaciais das linhas escolhidas para agrupar as linhas selecionadas em seus respectivos retângulos.

O sistema de vizinhanças foi construído para prover estas informações espaciais. Após rotulados os segmentos de linha, é feita uma busca em seus segmentos vizinhos a fim de formar retângulos integrados. Dado um segmento de linha  $l$ , marcado como pertencente a um retângulo, serão selecionados outros três segmentos também marcados da sua vizinhança, um dos quais será paralelo e os outros dois perpendiculares à linha, para formar um retângulo. Como última confirmação, os três segmentos devem ser vizinhos uns dos outros.

Com o esquema acima descrito, é possível reconhecer objetos retangulares em imagens coloridas agrupando segmentos de linha de quatro em quatro.

### 1.3.3 Escolha do Retângulo que Representa a Tela

A escolha do retângulo que representa a tela do monitor utiliza critérios criados através da análise das propriedades geométricas de uma tela de TV e de características da captura das imagens. O retângulo é escolhido como tela de TV caso:

- não esteja nas bordas da imagem
- tenha uma razão de aspecto próxima da dos monitores
- tenha formato retangular
- preencha mais que 30% da imagem

O motivo para a tela estar nos limites da imagem é a foto ser composta inteiramente pela tela. Este caso é evitado porque estas condições de captura são muito exigentes e há o risco grande de que uma parte da tela seja perdida caso a distancia entre a tela e a câmera sofram uma variação. Além disso, o diferencial do método aqui explicado é conseguir capturar a tela de um monitor em um ambiente qualquer. Capturar somente a tela rende o método inútil.

Monitores têm uma relação de aspecto muito específica. Superando a  $4/3$ , desde 2009 a relação de aspecto mais comum em monitores e telas de TV é de  $16/9$ , assim como a razão inversa  $9/16$  é a mais comum em celulares. Isso se deve em parte por ser o formato padrão de imagens em HDTV, Full HD e transmissão de TV digital e analógica [fonte]. Assim, a fim de evitar falsos positivos, o método descarta, dentre os objetos encontrados, os que não tiverem uma relação de aspecto próxima dos monitores que estão sendo estudados.

A fim de garantir que o objeto encontrado realmente tem formato retangular, suas diagonais são medidas e comparadas. Devido às instabilidades na captura ou próprias da câmera, é comum que as diagonais não tenham o mesmo tamanho exato, mas elas devem estar dentro de uma margem de segurança.

Para este trabalho é considerado que a tela, embora não possa ser a única coisa na imagem, precisa ser grande o suficiente para que seja possível extrair informações dela. Para isso, é necessário que a tela ocupe um espaço mínimo da imagem. Com isto em mente, a área dos objetos retangulares é calculada e comparada com o tamanho da imagem, a fim de descartar os que têm área abaixo da mínima.

O resultado da seleção deve ser apenas retângulos de tamanho considerável e com a relação de aspecto próxima à de TVs e monitores. Com isto, se faz necessário um critério de verificação para que o retângulo que mais se assemelha à tela seja o escolhido como verdadeiro. O critério é baseado no de [kastelan]. Neste trabalho, assume-se que, caso seja encontrado mais de um retângulo, os dois maiores retângulos encontrados ao final do processo representam as bordas da tela e do monitor. Portanto, o segundo maior retângulo é escolhido como tela. Caso só seja encontrado um retângulo, ele é escolhido como tela. Caso os critérios de seleção não deem como resposta um retângulo, a resposta do método é que nenhum retângulo que representa a tela foi encontrado.

### 1.3.4 Redimensionamento

Encontrado o trecho da imagem que representa a tela, se faz necessário separá-lo e colocá-lo em um formato que possa ser utilizado futuramente. Para isto, este trecho da imagem é transformado em uma imagem retangular do mesmo formato da origem. A dificuldade desta transformação está no fato que a a tela

na imagem pode ter as mais diversas formas, seja devido a dificuldades na captura como a características inerentes à câmera utilizada. Ela pode não ter a forma perfeitamente retangular ou ter uma orientação diferente. As imagens de referência, por outro lado, têm formato bem definido e são perfeitamente horizontais. A transformação se dá em duas fases: a rotação da imagem e o redimensionamento. A rotação visa transmitir o conteúdo de uma imagem quadrangular qualquer  $A'B'C'D'$  para um retângulo perfeitamente regular  $ABCD$ . O problema é encontrar a qual parte  $G'(x', y')$  da região retangular pertence cada parte  $G(x, y)$  do retângulo transformado.

FIGURA MOSTRANDO O TRECHO DA IMAGEM  $A'B'C'D'$  COM O PONTO  $G'$  E O CORRESPONDENTE  $ABCD$  E  $G$

Dado que o retângulo transformado tem tamanho  $(col_r, lin_r)$ , que a região da imagem  $A'B'C'D'$  é delimitada pelos pontos  $A' = (x_{a'}, y_{a'})$ ,  $B' = (x_{b'}, y_{b'})$ ,  $C' = (x_{c'}, y_{c'})$  e  $D' = (x_{d'}, y_{d'})$ , podemos definir as variações dependentes de  $x$  como  $dx1 = \frac{x_{b'} - x_{a'}}{col_r}$  e  $dy1 = \frac{y_{b'} - y_{a'}}{col_r}$ . As variações dependentes de  $y$  são  $dx2 = \frac{x_{c'} - x_{a'}}{lin_r}$  e  $dy2 = \frac{y_{c'} - y_{a'}}{lin_r}$ .

Assim, um ponto  $G(x, y)$  no retângulo transformado tem valores iguais a um ponto  $G'(x', y')$  na imagem, segundo as equações:

$$x = y_{a'} + dy1(x') + dy2(y')$$

$$y = x_{a'} + dx1(x') + dx2(y')$$

O redimensionamento visa dar à imagem da tela o tamanho de uma imagem de referência, preparando-a para ser comparada com as imagens de referência. Esta é uma etapa necessária, como pode ser visto na subseção que fala das métricas de desempenho. Ele é feito através da interpolação bilinear, que é uma técnica de interpolação de funções de duas variáveis, o que a faz muito interessante para interpolar imagens. Ela funciona interpolando linearmente as funções em uma direção e depois em outra. Supondo que se queira saber o valor da imagem na posição  $I(x, y)$  e sabidos os valores nas posições  $I(x_1, y_1)$ ,  $I(x_1, y_2)$ ,  $I(x_2, y_1)$  e  $I(x_2, y_2)$ , é encontrado o valor aproximado da imagem interpolando primeiramente no eixo  $x$  através das

equações:

$$I(x, y_1) = \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} I(x_1, y_1) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} I(x_2, y_1)$$

$$I(x, y_2) = \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} I(x_1, y_2) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} I(x_2, y_2)$$

E, após isso, interpolar os valores encontrados no eixo  $y$ , através da equação:

$$I(x, y) = \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} I(x, y_1) + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} I(x, y_2)$$

Com esta técnica, é possível obter uma aproximação do trecho da tela da TV ou monitor presentes na imagem capturada, do tamanho e formato necessários para a avaliação de desempenho.

### 1.3.5 Métricas de Desempenho

Este método utiliza três técnicas para avaliar seu desempenho em selecionar acertadamente o trecho da imagem que representa a tela. Estas técnicas comparam a imagem obtida, após rotacionada e redimensionada, com uma imagem de referência de mesmo formato e tamanho. Elas são:

- LAE (Least Average Error)

O método LAE divide a imagem de teste e a de referência em regiões consideradas atômicas. Ele compara cada região na imagem de teste com a região correspondente na imagem de referência, portanto necessitando que as duas imagens tenham o mesmo tamanho e formato. A fim de reduzir o erro induzido por diferenças na iluminação, primeiramente as imagens são normalizadas utilizando a normalização estatística padrão. Dada uma imagem  $A$ , sua média  $\mu_A$  e seu desvio padrão  $\sigma_A$  são calculados e a imagem normalizada  $A_n$  é dada pela equação 1.6:

$$A_n = \frac{A - \mu_A}{\sigma_A} \quad (1.6)$$

Assim, a média e o desvio padrão são calculados pixel a pixel para cada um dos três canais da imagem (R, G e B) e suas dessimilaridades são computadas e acumuladas, segundo a equação 1.7:

$$D = \sum_{x,y} \sum_{c=R,G,B} \left| \frac{A(x,y) - \mu_A}{\sigma_A} - \frac{B(x,y) - \mu_B}{\sigma_B} \right| \quad (1.7)$$

- NCC (Normalized Cross-Correlation)

O método NCC é baseado na correlação cruzada para medir a similaridade entre duas imagens. Assim como no LAE, para diminuir o erros devido à diferença de iluminação, primeiramente as imagens são submetidas à normalização estatística padrão. A similaridade entre imagens normalizadas  $A_n$  e  $B_n$  é calculada segundo a equação 1.8:

$$S = \iint A_n(x,y) * B_n(x,y) dx dy \quad (1.8)$$

ou, na forma discreta:

$$S = \sum \sum A_n(x,y) B_n(x,y) \quad (1.9)$$

Sendo uma imagem normalizada segundo a equação:

$$A_n = \frac{A(x,y) - \mu_A}{\sqrt{\frac{1}{N} (\sum \sum A(x,y) - \mu_A)^2}} \quad (1.10)$$

em que  $N$  é o número de pixels da imagem  $A$ , podemos calcular a similaridade entre duas imagens  $A$  e  $B$  segundo a equação 1.11:

$$S = \frac{\sum \sum (A(x,y) - \mu_A)(B(x,y) - \mu_B)}{\sqrt{\sum \sum (A(x,y) - \mu_A)^2} \sqrt{\sum \sum (B(x,y) - \mu_B)^2}} \quad (1.11)$$

- NCC-BB (Normalized Cross-Correlation using Blocks)

Este método foi criado para contornar um prolema encontrado pelo método NCC: sua pontuação depende do conteúdo da imagem, portanto tornando difícil a tarefa de escolher um limiar de similaridade que respondesse bem a qualquer imagem. Nele, é calculada a similaridade relativa entre as imagens. A ideia deste método é dividir cada imagem em um certo número de blocos menores e computar a correlação cruzada em cada um destes blocos, ao invés de na imagem toda. Primeiramente, a imagem de referência é dividida nestes blocos e é calculada a sua similaridade com



uma imagem considerada correta. Estes valores de similaridade são então guardados como um conjunto de valores padrão  $S_{padrao}$ . Após isto, para cada imagem de teste submetida ao método, é feito o cálculo da similaridade em cada um dos seus blocos e os valores são comparados com os encontrados em cada região e somados para compor o valor de similaridade relativa. Sendo  $S_{A,B}$  a similaridade entre as imagens  $A$  e  $B$ , a similaridade relativa pode ser calculada através da equação 1.12

$$S = \max_{blocos} |S_{A,B} - S_{padrao}| \quad (1.12)$$

## Chapter 2

# Resultados Experimentais

Este capítulo apresenta os resultados dos experimentos feitos para validar o método de detecção e extração do conteúdo de telas de TV e monitores. Eles foram implementados na linguagem MATLAB, na versão R2012a, em ambiente Linux, processador Intel(R) Core(TM) i7-3770 CPU @ 3.40GHz e memória RAM 16GB.

Para validar o método, três experimentos foram executados. O primeiro visa comparar o custo em tempo do método original e o método proposto, que utiliza redimensionamento das imagens. O segundo experimento submete ao método as 504 imagens da primeira base de dados e as 600 da segunda, visando verificar a capacidade de corretamente relacionar a tela encontrada com uma imagem de referência. O terceiro experimento visa submeter as mesmas imagens ao método com as modificações propostas, afim de comparar os resultados alcançados com os do método original.

## 2.1 Base de Dados

Após extensiva pesquisa em bancos de imagens, não foi encontrada uma base de dados que atenda aos interesses deste trabalho. Portanto, se fez necessário montar uma base própria. Foram feitas duas, uma com 6 imagens de referência e 504 imagens de teste em um ambiente não controlado, outra com 40 imagens de referência e 600 imagens de teste em um ambiente controlado.

### 2.1.1 Primeira Base

As imagens de referência da primeira base foram escolhidas entre menus e vídeos da internet. Quatro seleções diferentes de um menu foram utilizadas, assim como dois frames de um vídeo. As imagens são coloridas e têm resolução 1600 x 900 pixels. As fotos dos 14 monitores foram feitas com os mesmos ligados e mostrando cada uma das seis imagens. A câmera utilizada foi a câmera do celular Samsung Galaxy S5, com sensor de 16 MP, abertura de 2,2 polegadas, foco automático e sem flash. As fotos foram feitas utilizando os tamanhos 5312 x 2988 pixels, [resolução 2] e [resolução 3]. A distância da câmera ao monitor é variável, e os monitores têm variação de escala, iluminação e fundo. As imagens desta base têm rótulos manuais com as coordenadas dos quatro pontos que limitam a tela do monitor ou TV fotografada.

### 2.1.2 Segunda Base

Para a segunda base, uma câmara escura foi montada a fim de garantir que as fotos teriam o mínimo de interferência externa possível. A câmara é formada por uma estrutura de PVC de [] de largura por [] de comprimento e [] de altura. A estrutura é cúbica e coberta para não deixar passar luz.

#### FOTOS

Os monitores e a câmera foram levados para dentro da estrutura. Outra diferença da primeira para a segunda base foi a escolha de mais imagens de referência. Como referência foram utilizadas as seguintes imagens:

- um grid
- um xadrez
- o índio, figura de referência para testes de TV antigos
- barra de cores saturada em 20%, 60% e 100%
- as três cores primárias puras, saturadas em 20%, 60% e 100%
- as três cores secundárias puras, saturadas em 20%, 60% e 100%
- 12 fotos

- 4 menus

Todas as imagens são coloridas e têm tamanho variado. As fotos foram capturadas pela mesma câmera do celular Samsung Galaxy S5 sem flash e todas têm a resolução máxima da câmera, 5312 x 2988 pixels. Novamente, as imagens foram capturadas com os monitores ligados e mostrando as imagens de referência. A distância entre a câmera e os monitores é variável. Assim como na primeira base, cada imagem tem um rótulo manual que informa as coordenadas dos quatro pontos que limitam a tela da TV ou monitor.

## 2.2 Procedimentos

### 2.2.1 Primeiro Experimento

O experimento apresentado nesta seção foi feito implementando o método de extração de tela de TV nas mesmas imagens duas vezes, uma com e outra sem redimensionamento.

As imagens escolhidas para compor o conjunto de teste deste experimento foram um subconjunto de 50 imagens aleatoriamente selecionadas da base de dados 1. As imagens são coloridas e têm resoluções 5312 x 2988, [] e [].

A métrica de desempenho é o tempo utilizado pelo algoritmo para encontrar uma tela de TV. O tempo total utilizado pelas 50 telas é obtido e depois sua média calculada.

As duas simulações tiveram etapas de pré-processamento distintas. A correção de gama foi utilizada em ambas, porém o redimensionamento, alvo deste experimento, foi utilizado somente em uma delas. A correção de gama é uma transformação dos valores de intensidade da imagem. É uma transformação que tem como objetivo ajustar a luminância da imagem, levando em conta a relação não-linear entre o valor do pixel e a intensidade mostrada. A literatura apresenta exemplos da utilidade da correção de gama para obter melhores imagens de borda ([?], [?]).

A transformação é dada pela equação:

$$I_{corrigida} = I_{nocorrigida}^{\gamma} \quad (2.1)$$

Em que  $\gamma$  tem valores acima de zero. Caso  $\gamma > 1$ , os valores de intensidade são comprimidos de forma não-linear, destacando as intensidades mais altas. Com  $\gamma < 1$  os valores são expandidos, destacando as intensidades mais escuras.

O redimensionamento das imagens de entrada foi feito através de interpolação linear. Esta técnica considera a imagem como uma matriz e interpola os valores dos pixels primeiro no sentido horizontal e depois no vertical. Ela é melhor explicada no Capítulo 1 na subseção 1.3.4.

Após o processamento, as imagens foram então submetidas ao algoritmo de extração de tela da TV. A primeira simulação submete a imagem à etapa de redimensionamento. Portanto, a imagem é reduzida à resolução de 1280 x 960 através da interpolação linear e a imagem reduzida é submetida à extração de tela. O tamanho original da imagem é guardado para que ao fim o retângulo encontrado seja redimensionado e a tela da imagem original seja extraída.

A segunda simulação submete ao método as imagens após a correção de gama, rendendo desnecessário o método para redimensionamento do retângulo encontrado.

Nas duas simulações, o tempo gasto pelo algoritmo para processar cada imagem é calculado em segundos. As condições de hardware em ambas as simulações é igual. Devido à possibilidade do algoritmo não encontrar um retângulo considerado o contorno da tela, o tempo é dividido pelo número de imagens de tela encontradas, através da equação:

$$T_{mdio} = \frac{T_{total}}{n} \quad (2.2)$$

Em que  $T_{total}$  é o tempo total que o algoritmo leva para processar as imagens e  $n$  é o número de telas encontradas no fim do processamento.

O procedimento é repetido para a segunda simulação. O tempo  $T'_{mdio}$  é então calculado e é encontrada a diferença entre os tempos:

$$D_{tempo} = T'_{mdio} - T_{mdio} \quad (2.3)$$

## 2.2.2 Segundo Experimento

Experimento que aplica o método

as bases de dados utilizadas no experimento foram a base 1 e a base 2

As métricas de desempenho foram a similaridade/dessimilaridade medidas com os métodos LAE, NCC e NCC-BB (como mostrado na seção 4.3.5). Testes feitos: primeira base: identificar seleção do menu diferenciar menu de trecho de vídeo identificar trechos de vídeo segunda base: diferenciar fotos identificar cores diferenciar saturação cores colorbar diferenciar cores de fotos identificar menu

preprocessamento sem?? processamento extração de tela pos processamento comparação

### **2.2.3 Terceiro Experimento**

O experimento aplica o método modificado..

as bases de dados utilizadas são as bases 1 e 2

preprocessamento correcao gama redimensionamento processamento extração de tela pos processamento comparação