

**JOAO CARLOS LAURINDO PINTO**

**SISTEMA RECONHECEDOR DE PLACAS DE VEÍCULOS USAN-  
DO TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS**

**Assis  
2009**

# SISTEMA RECONHECEDOR DE PLACAS DE VEÍCULOS USAN- DO TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

JOAO CARLOS LAURINDO PINTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, analisado pela seguinte comissão examinadora:

Orientador: FELIPE ALEXANDRE CARDOSO PAZINATTO

Analisadores: REGINA FUMIE ETO

Assis  
2009

JOAO CARLOS LAURINDO PINTO

SISTEMA RECONHECEDOR DE PLACAS DE VEÍCULOS USAN-  
DO TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de  
Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, anali-  
sado pela seguinte comissão examinadora:

Orientador: FELIPE ALEXANDRE CARDOSO PAZINATTO

Área de Concentração: Pesquisa e desenvolvimento de software;  
Processamento de imagens.

**Assis**  
**2009**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, pela inspiração e capacidade de executar as tarefas que compuseram este trabalho.

Ao orientador Felipe Pazinato, pelo constante incentivo e paciência.

À minha família, minha esposa e companheira Eliane e minha doce filha Laura, pela paciência, apoio e incentivo durante esta caminhada.

## RESUMO

Este trabalho abrange os principais conceitos e tecnologias voltadas ao Processamento Digital de Imagens.

Foi desenvolvida uma aplicação, partindo de um software gratuito, capaz de capturar a imagem de uma placa de automóvel e posteriormente reconhecê-la, utilizando uma webcam.

Percebe-se que a técnica utilizada para comparação de imagens é bastante eficiente em ambientes extremamente controlados, sob iluminação constante, não alcançando os mesmos resultados em ambiente caótico.

**Palavras chave:** Processamento digital de imagem. Placa de automóvel. Comparação de imagens. Limiarização.

## **ABSTRACT**

This work covers the main concepts and technologies dedicated to Digital Image Processing.

An application was developed, from a free software that can capture the image of a license plate and then recognize it, using a webcam.

The technique used for images comparison is very effective in highly controlled environment, under constant illumination, not reaching the same results in chaotic environment.

**Keywords:** Digital Image Processing. Licence plate. Comparing images. Thresholding.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Anatomia do olho humano .....	14
Figura 2 – Ilustração do fundo do olho .....	15
Figura 3 – O olho e a máquina fotográfica .....	16
Figura 4 – Absorção da luz pelas células cone .....	17
Figura 5 – Computação Gráfica e áreas correlatas [GOMES e VELHO, p. 3] .	20
Figura 6 – Convenção dos eixos para representar uma imagem digital.....	21
Figura 7 – Imagem digital em tamanho original.....	23
Figura 8 – Imagem digital ampliada 4 vezes. ....	23
Figura 9 – Imagem digital ampliada 8 vezes. ....	23
Figura 10 – Ilustração do histograma de níveis de cinza de uma imagem.....	25
Figura 11 – Imagem real da placa de um automóvel .....	25
Figura 12 – Histograma gerado a partir da figura 11 .....	26
Figura 13 - Imagem com baixo contraste .....	27
Figura 14 – Histograma gerado a partir da imagem da figura 13 .....	27
Figura 15 - Imagem de contraste melhorado por filtro.....	28
Figura 16 – histograma gerado a partir da imagem da figura 15.....	28
Figura 17 – Esquema de uma câmera digital CCD .....	32
Figura 18 – Ilustração da matriz CCD .....	32
Figura 19 – Modelo de Entidades.....	33
Figura 20 – Conversão de imagem para monocromática.....	36
Figura 21 - Tela da versão atual.....	37
Figura 22 - Figura de placa obtida no Google imagens.....	38
Figura 23 - Figura de placa obtida por meio de fotografia pelo autor.....	38
Figura 24 – Visualização do arquivo tcc.tcc no Bloco de Notas® .....	41

## ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1 – Função Mapeamento .....	27
Fórmula 2 – Definição de imagem limiarizada.....	30



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre placa e fundo branco e preto. ....	39
--	----

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. O SISTEMA DE VISÃO NATURAL.....</b>	<b>13</b>
2.1. COMO FUNCIONA A VISÃO .....	13
2.1.1. A anatomia do olho.....	13
2.1.2. Percebendo a luz.....	15
2.1.3. Visão das cores.....	16
<b>3. IMAGENS .....</b>	<b>18</b>
3.1. PROCESSAMENTO DE IMAGENS.....	18
3.2. REPRESENTAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS .....	21
3.3. CAPTURA DA IMAGEM E PASSOS FUNDAMENTAIS .....	24
3.4. HISTOGRAMA .....	24
3.5. REALCE .....	26
3.6. CONTRASTE .....	26
3.7. EQUALIZAÇÃO.....	28
3.8. SEGMENTAÇÃO .....	29
3.9. LIMARIZAÇÃO .....	29
3.10. SEGMENTAÇÃO ORIENTADA A REGIÕES.....	30
3.11. SEGMENTAÇÃO BASEADA EM BORDAS.....	30
<b>4. A TECNOLOGIA DAS CÂMERAS DIGITAIS .....</b>	<b>31</b>
4.1. O CHARGE COUPLED DEVICE .....	31
<b>5. PROJETO .....</b>	<b>33</b>
5.1. MODELO DE ENTIDADES .....	33
5.2. FUNCIONALIDADES .....	34

<b>6. PROPOSTA .....</b>	<b>35</b>
6.1. RESULTADOS ALCANÇADOS .....	35
<b>7. CONCLUSÕES .....</b>	<b>42</b>
7.1. COMO OBJETIVO DO TRABALHO.....	42
7.2. COMO OBJETIVO DE ESTUDO .....	42
7.3. COMO OBJETIVO PESSOAL.....	42
<b>8. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Um sistema de reconhecimento automático de placas de veículos pode ser referenciado dentro da Computação Gráfica no contexto de visão computacional. Os sistemas computacionais permitem a aquisição, processamento e análise de imagens.

A crescente demanda por segurança traz a motivação necessária ao desenvolvimento de um projeto de reconhecimento de veículo por meio de geração, armazenamento e recuperação de uma “assinatura digital” a partir da imagem da placa do veículo.

O enfoque deste trabalho é utilizar a API DirectShow®, que integra o DirectX®<sup>1</sup> e possibilita a exibição e captura de fluxo de imagens e vídeo, para capturar, processar e analisar imagens, visando testar a similaridade entre o fluxo de imagens ao vivo e um quadro de imagem capturado e armazenado em disco. O resultado dessa análise será exibido em tempo real ao usuário em forma de percentual de similaridade e em número total de pixels iguais encontrados.

Para essa tarefa será usada a IDE Microsoft Visual Studio 2008, e a linguagem C++.

---

<sup>1</sup> Tecnologia desenvolvida por Microsoft Corporation.

## 2. O SISTEMA DE VISÃO NATURAL

O sistema visual humano é formado por uma rede complexa de neurônios especializados em: captar a luz, transmitir as informações para o córtex visual, reconhecer as informações no córtex visual.

Conforme mostrado na figura 1, a própria anatomia do olho humano é bastante complexa.

Para que se entenda melhor o funcionamento da visão será feita uma breve explanação sobre o assunto.

### 2.1. COMO FUNCIONA A VISÃO<sup>2</sup>

Tudo começa com a luz. É ela que permite aos seres ter a percepção das formas, das cores e do movimento, o que chamamos de visão.

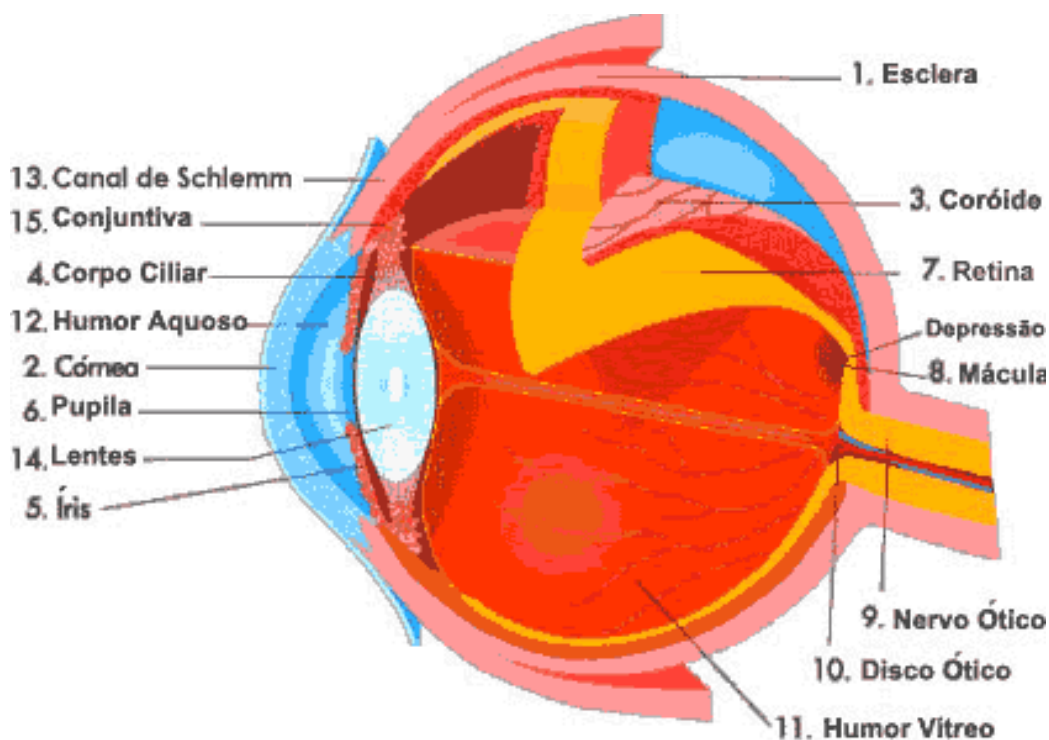
#### 2.1.1. A anatomia do olho

Com aproximadamente 2,54 x 2,54 x 2,3 cm. (A x L x P)<sup>3</sup>, o olho conta com uma estrutura mais rígida que o ajuda a manter o formato, um conjunto de músculos que promovem sua movimentação dentro do globo ocular e uma fina membrana frontal, a córnea, por onde passa a luz em direção à parte interna do olho.

---

<sup>2</sup> Conhecimento extraído do website: [HTTP://www.saude.hsw.uol.com.br/visao](http://www.saude.hsw.uol.com.br/visao), por Dr. Carl Bianco, M.D. – traduzido por HowStuffWorks Brasil.

<sup>3</sup> (A x L x P) – Altura, largura e profundidade.



**Figura 1 – Anatomia do olho humano**  
 Fonte: <http://saude.hsw.uol.com.br/visao1.htm>

Na parte interna existe o cristalino, uma espécie de lente que regula o foco da visão em relação aos objetos.

Entre a córnea e o cristalino há uma substância transparente e aquosa chamada humor aquoso.

A parte colorida do olho é a íris, cuja coloração e aspecto podem variar, sendo também utilizada como base de identificação humana, pois serve como uma impressão digital. A íris é composta por músculos que regulam a entrada de luz para o fundo do olho, a retina.

É encontrado o humor vítreo, um material de aspecto gelatinoso e transparente, na porção compreendida entre o cristalino e a retina.

A rodopsina é um composto químico encontrado na retina, capaz de converter a luz recebida pelo olho em impulsos elétricos que posteriormente serão interpretados, pelo cérebro, como visão.

Toda essa estrutura é ligada ao cérebro através do nervo óptico, que conduz os impulsos nervosos gerados na retina para o córtex cerebral, onde as imagens são realmente criadas e interpretadas.

De acordo com a figura 2, a região em amarelo na ilustração condiz com a região onde o nervo óptico se conecta ao olho.

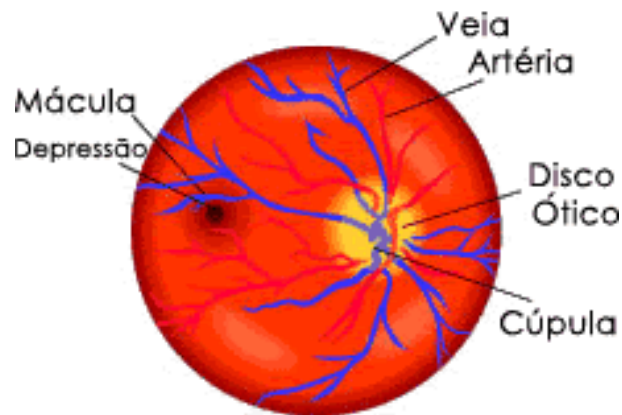
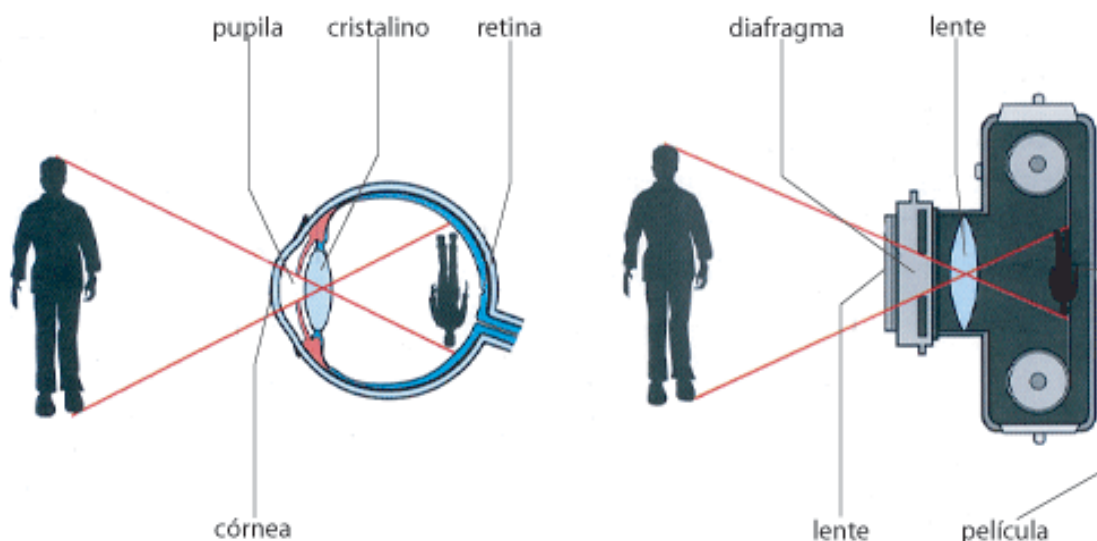


Figura 2 – Ilustração do fundo do olho  
Fonte: <http://saude.hsw.uol.com.br/visao1.htm>

### **2.1.2. Percebendo a luz**

Ao penetrar no olho, antes de atingir a retina, a luz passa pela córnea, humor aquoso, cristalino, humor vítreo e finalmente atinge a retina do olho. É a retina a responsável pela percepção da luz, pois é formada por dois tipos especiais de células que lhe proporcionam essa capacidade, os bastonetes e os cones. Os bastonetes garantem a visão em condições de baixa luminosidade, enquanto que os cones são as estruturas responsáveis pela visualização de cores e detalhes.

Comparando o olho a uma máquina fotográfica, vide figura 3.



**Figura 3 – O olho e a máquina fotográfica**

Fonte: Portal Dr. Visão ([HTTP://www.drvisao.com.br/conheca\\_olho.php](http://www.drvisao.com.br/conheca_olho.php))

### **2.1.3. Visão das cores**

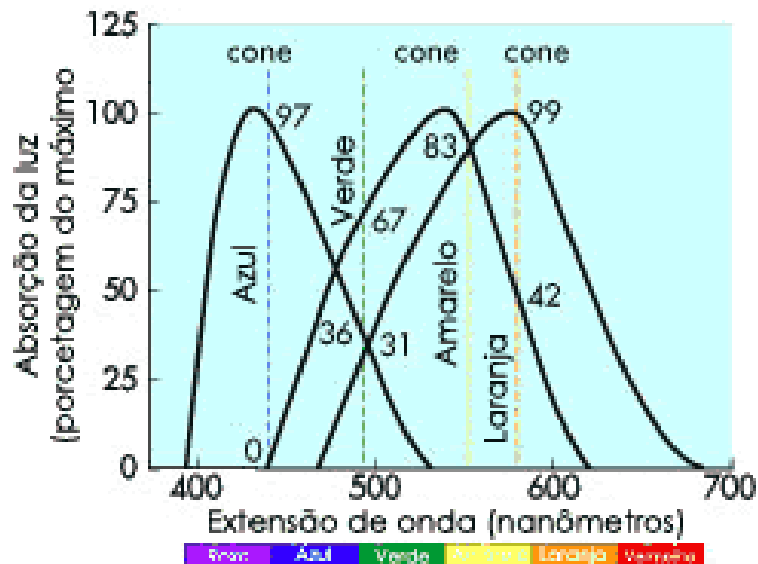
As células cone presentes na retina possuem pigmentos responsáveis pelas reações químicas que promovem a percepção das cores. “Há três tipos de pigmentos sensíveis às cores:

- pigmento sensível ao vermelho;
- pigmento sensível ao verde;
- pigmento sensível ao azul.” [HowStuffWorks, 2009]

Cada cone é dotado de um desses pigmentos, sendo sensível àquela cor. Quase qualquer nuance de cor, resultado da mistura de vermelho, verde e azul é perceptível ao olho humano.

Como se pode ver na figura 4, o olho humano consegue perceber comprimentos de onda entre 400 e 700 nanômetros.





**Figura 4 – Absorção da luz pelas células cone**  
 Fonte: [HTTP://www.saude.hsw.uol.com.br/visao3.htm](http://www.saude.hsw.uol.com.br/visao3.htm)

É a presença ou a ausência de luz que nos dá a sensação de cor. A luz é um fenômeno físico, mas a cor depende da interação da luz com o sistema visual, sendo um fenômeno psicofísico. [GOMES e VELHO, 1994]

Nos próximos capítulos serão delineadas as formas de tratamento básicas de imagens partindo do funcionamento do sistema visual humano.

## **3. IMAGENS**

### **3.1. PROCESSAMENTO DE IMAGENS**

Há muito o homem almeja entender por completo como o córtex visual funciona e armazena informações, para, a partir daí, construir modelos cibernéticos próximos da capacidade humana de discriminação. O segmento de aplicação de imagens digitais é um importante assunto da área de processamento de sinais bidimensionais, possuindo ramificações em ilimitadas aplicações para a obtenção de soluções onde a análise visual desempenha vital importância na classificação.

Técnicas de análise de dados multidimensionais, obtidos por sensores diversos são denominadas processamento digital de imagens. Em outras palavras, é a manipulação de uma imagem por computador, garantindo que tanto os dados de entrada como os de saída do processo sejam imagens.

Usa-se destas técnicas para melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano e para fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos.

Diversas áreas tornaram-se intimamente dependentes do processamento de imagens, algumas delas são:

- Análise de imagens meteorológicas de satélite;
- Análise de recursos naturais;
- Transmissão digital de TV;
- Análise de imagens biomédicas;
- Análise de imagens metalográficas e de fibras vegetais;
- Obtenção de imagens médicas por ultra-som, radiação nuclear ou técnicas de tomografia computadorizada;
- Aplicações em automação industrial com uso de sensores em robôs.

Imagens multiespectrais registradas por satélites como Landsat, SPOT ou similares são valiosas fontes de dados para a pesquisa de recursos natu-

rais. Para se ter sucesso ao extrair informações das imagens espectrais, identificando e discriminando os alvos de interesse, depende-se da qualidade da representação dos dados contidos nas imagens.

As Técnicas de Processamento Digital de imagens tornam possível a integração de vários tipos de dados georeferenciados e permitem a reconstrução de uma cena nas várias regiões do espectro eletromagnético.

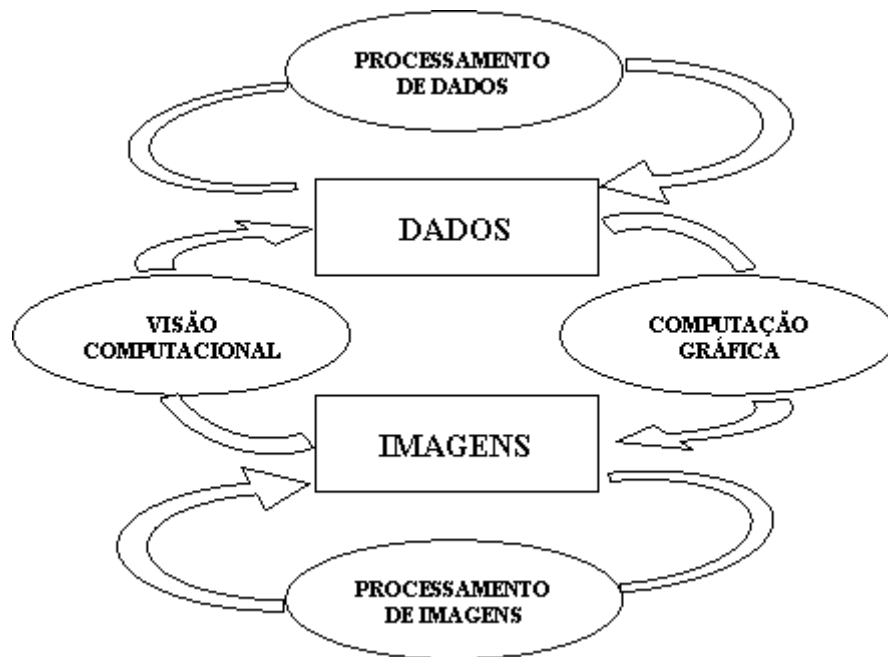
São estudados alguns temas científicos com caráter interdisciplinar, tais como:

- Compreensão de imagens;
- Análise Estática;
- Multi-resolução e Multi-frequência;
- Codificação;
- Transmissão de imagens;

Conforme [GOMES e VELHO, 1994, p. 2]:

“O grande número de aplicações das técnicas de Computação Gráfica a coloca algumas vezes em um posicionamento em relação a áreas tão próximas que chegam a ser confundidas. Um critério que pode ser utilizado para uma diferenciação baseia-se na natureza da entrada e saída de um sistema em cada área.”

O diagrama a seguir, figura 5, objetiva representar a estreita relação da Computação Gráfica com outras áreas, inclusive Processamento de Dados.



**Figura 5 – Computação Gráfica e áreas correlatas [GOMES e VELHO, p. 3]**

O Processamento de Imagens possui as características de processamento de sinais. Os sinais são, na realidade, um suporte físico que carrega no seu interior uma determinada informação que pode estar associada a uma medida ou a um nível cognitivo. Processar uma imagem é extrair informação de uma imagem de uma cena.

Para entender melhor o Processamento de Imagem, o maior interesse vem de duas áreas específicas:

- Melhoria da informação para interpretação humana;
- Percepção das máquinas através do processamento de dados;

Recorrendo à história, por volta de 1920 utiliza-se pela primeira vez a técnica de processamento de imagem com intuito de melhorar a qualidade de ilustrações de jornal para envio por cabo submarino entre Londres e Nova York.

A partir da década de 1960, junto com o programa espacial norte-americano houve um maior crescimento e aprimoramento das técnicas, pois havia a necessidade de correção de distorções em imagens da Lua.

### 3.2. REPRESENTAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS

Primeiramente, “A imagem é o resultado de estímulos luminosos produzidos por um suporte bidimensional... como, por exemplo, uma fotografia... ou através da projeção do mundo tridimensional na retina do olho humano.”<sup>4</sup>

O termo imagem monocromática, ou simplesmente imagem, refere-se à função bidimensional de intensidade de luz  $f(x,y)$ .  $X$  e  $y$  denotam as coordenadas espaciais, e o valor de  $f$  em qualquer ponto  $(x,y)$  é proporcional ao brilho da imagem naquele ponto.

A convenção dos eixos para se representar uma imagem digital está ilustrada na figura 6.

Em alguns casos pode ser útil visualizar a função da imagem em perspectiva por meio de um terceiro eixo representando o brilho. Assim, apareceria uma série de picos em regiões com grande número de modificações no nível de brilho, e regiões planas (platôs) onde os níveis de brilho variam pouco ou são constantes.



Figura 6 – Convenção dos eixos para representar uma imagem digital

<sup>4</sup> GOMES e VELHO, Computação Gráfica: Imagem, pag. 131.

A imagem digital é a materialização de grande parte dos processos da computação gráfica e serve como elo entre o usuário e esses procedimentos, revelando os seus resultados. [GOMES e VELHO, 1994]

“Ao observar uma fotografia, recebemos de cada ponto do espaço um impulso luminoso que associa uma informação de cor a esse ponto”<sup>5</sup>. Isto posto, pode-se representar uma imagem bidimensional digitalmente sob a forma de uma matriz no plano cartesiano (coordenadas  $x,y$ ), cujos índices de linha e coluna ( $x,y$ ) identificam cada ponto na imagem. O valor correspondente ao elemento da matriz é a intensidade da luz naquele ponto.

As figuras 7, 8 e 9 ilustram como se dá a composição matricial de uma imagem digital. Seus pontos ou elementos da figura (pixels)<sup>6</sup> evidenciam-se quando a imagem é submetida a uma ampliação de tamanho sem ter sua resolução alterada. Quanto mais pixels a imagem tiver, melhor é a sua resolução e qualidade de visualização.

A qualidade de uma imagem digital tem profunda relação com a sua resolução, e a sua resolução pode ser quantificada em DPI (dots per inch), ou seja, quantos pixels há por polegada quadrada [PACIORNIK<sup>7</sup>, não consta o ano].

Tomada a devida ciência dos conceitos de visão e imagem, faz-se necessário conhecer a tecnologia empregada em câmeras digitais e webcams, imprescindíveis para este estudo.

---

<sup>5</sup> GOMES e VELHO, Computação Gráfica: Imagem, pag. 133.

<sup>6</sup> Cada ponto ( $x,y$ ) do subconjunto gráfico é chamado de *elemento da figura* ou *pixel*. (GOMES e VELHO, 1994)

<sup>7</sup> Prof. Sidnei Paciornik, Fundamentos da Imagem Digital, PUC-RIO, sidnei@dcm.puc-rio.br.

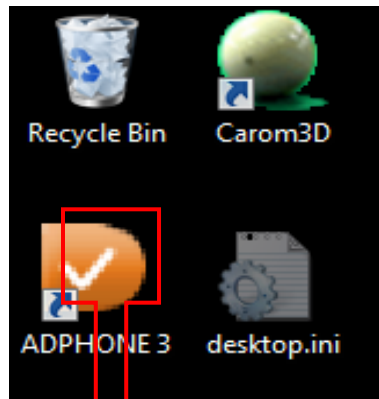


Figura 7 – Imagem digital em tamanho original

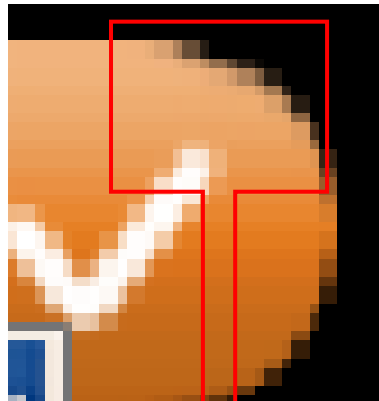


Figura 8 – Imagem digital ampliada 4 vezes.



Figura 9 – Imagem digital ampliada 8 vezes.

### 3.3. CAPTURA DA IMAGEM E PASSOS FUNDAMENTAIS

Antes de iniciar qualquer processamento, é preciso antes adquirir a imagem. No caso deste estudo, será utilizada uma câmera CCD.

Capturada a imagem, dá-se início ao **pré-processamento**, ou melhor, preparação da imagem para que se possa extrair dela o máximo de informações. Este passo pode envolver realce de contraste e remoção de ruídos, entre outras técnicas.

Em seguida ocorre a **segmentação**, divisão da imagem inicialmente adquirida, em partes ou objetos constituintes. Este procedimento executado corretamente facilita a busca pela solução de um problema ou informação relevante contida na imagem.

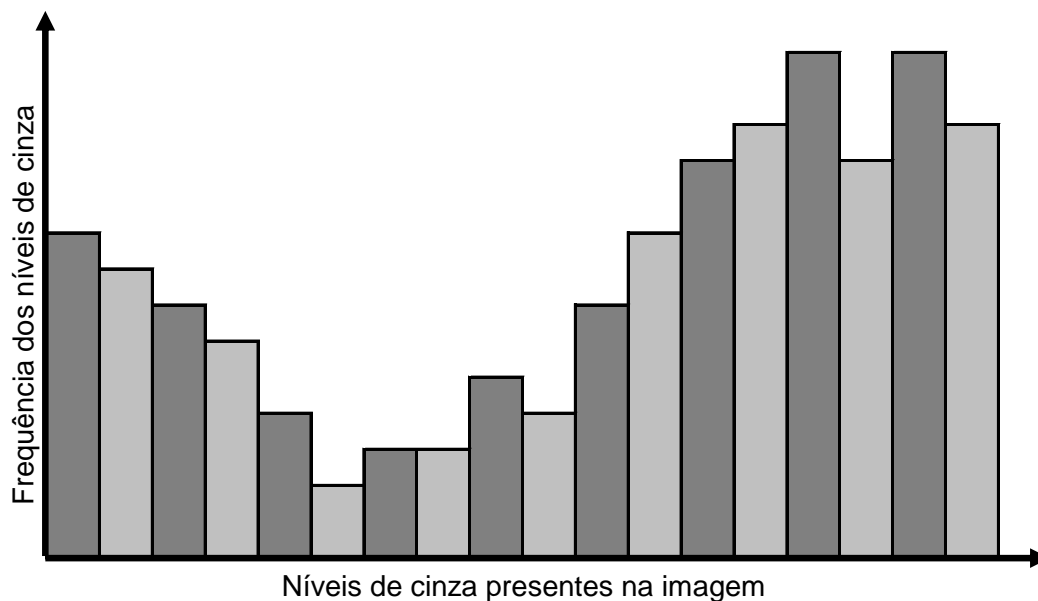
Ainda no processo de segmentação, pode-se verificar a existência de dados em forma de pixels, tanto como fronteira ou borda de uma área, como todos os pontos dentro dessa área. Torna-se necessário então, converter esses dados para uma forma adequada ao processamento computacional. Porém, precisa-se saber ao certo se os dados relevantes ao processamento estão representados como fronteiras ou como regiões completas.

Quando as características inerentes à forma externa como cantos ou pontos de inflexão são o alvo, a melhor maneira de representação é por fronteira. Representar por região é mais adequado se forem avaliadas características internas, como textura ou forma do esqueleto. Essa escolha é apenas parte da solução para se adequar os dados ao processamento computacional seguinte.

### 3.4. HISTOGRAMA

Histograma é uma forma de analisar e realçar a imagem. Ele revela a distribuição dos níveis de cinza de uma imagem. É representado pelo gráfico da contagem do número de pixels de cada nível de cinza, conforme ilustrado na figura 10.





**Figura 10 – Ilustração do histograma de níveis de cinza de uma imagem**  
**Fonte: GOMES e VELHO, p. 149.**

A figura 11 contém a imagem real da placa de um carro e na figura 12 é mostrado o histograma gerado a partir da imagem contida na figura 11. Para essa análise foi utilizado o software Adobe® Photoshop® CS3 versão Trial<sup>8</sup>.



**Figura 11 – Imagem real da placa de um automóvel**

<sup>8</sup> Produto comercial de propriedade da Adobe Systems Incorporation versão de demonstração, com funcionamento restrito a 30 dias.

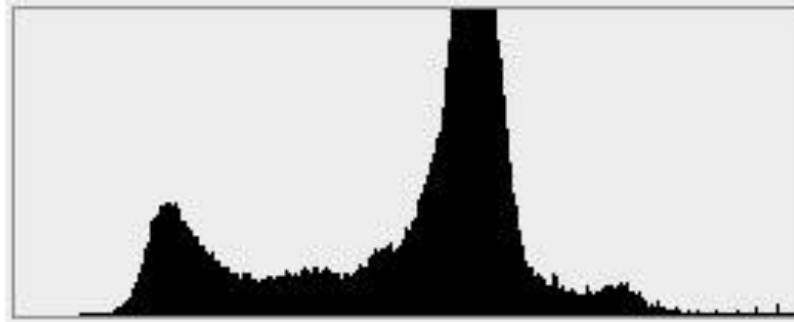


Figura 12 – Histograma gerado a partir da figura 11

### 3.5. REALCE

O objetivo das técnicas de realce é processar uma imagem de modo que o resultado seja mais apropriado para uma aplicação específica do que a imagem original [GONZALES, R. e WOODS, R., 2001]. As técnicas de realce podem ser baseadas em processamento ponto a ponto, que altera o nível de cinza de um pixel independentemente da natureza dos pixels adjacentes, ou pelo processo de filtragem, onde o novo valor depende dos valores dos pixels adjacentes.

### 3.6. CONTRASTE

A capacidade de mapeamento, em tons de cinza, de uma imagem por um sensor varia de 0 a 255 (8 bits). Considerando-se a iluminação insuficiente, ou até mesmo um sensor defeituoso, o intervalo de intensidade a ser registrado nos pixels da imagem capturada pode ser reduzido, gerando uma imagem com pouco contraste e de difícil interpretação por homem ou máquina.

As técnicas de melhoria do contraste objetivam uma melhor qualidade visual, evidenciando as informações contidas nessa imagem. Consiste em variações no intervalo de mínimo e máximo dos tons de cinza da imagem. A Função Mapeamento é responsável por essa tarefa. Os valores de intensidade armazenados nos pixels da imagem são mapeados e recebem novos valores por meio de uma função de transferência definida como demonstra a fórmula 1, a seguir:

$$Y = f(x)$$

**Fórmula 1 – Função Mapeamento**

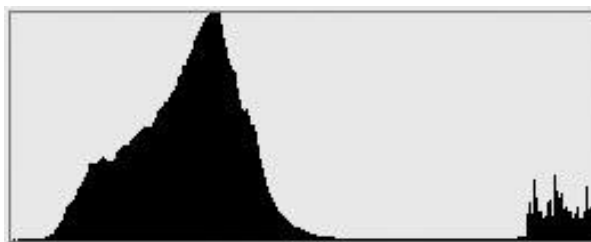
Onde:

- $x$  é a intensidade original mapeada no pixel;
- $y$  é o novo valor de intensidade atribuído ao pixel;

Pode-se observar na figura 13 uma imagem com baixo contraste e seu respectivo histograma (figura 14). O delineamento das bordas dos objetos contidos na imagem não é perfeito.



**Figura 13 - Imagem com baixo contraste**



**Figura 14 – Histograma gerado a partir da imagem da figura 13**

Uma imagem cujo contraste já tenha sido devidamente tratado, pode evidenciar detalhes antes pouco perceptíveis, vide figura 15.



**Figura 15 - Imagem de contraste melhorado por filtro**



**Figura 16 – histograma gerado a partir da imagem da figura 15**

As imagens utilizadas nas figuras 13 e 15 são derivadas da mesma foto, porém a primeira apresenta menos contraste, e seu histograma atinge níveis bastante elevados de intensidade. Já a figura 15 está mais nítida, devido à aplicação de filtro para correção do contraste, permitindo uma melhor observação dos detalhes, com isso o seu histograma é um pouco mais equalizado.

### **3.7. EQUALIZAÇÃO**

O processo de equalização tem por objetivo produzir uma imagem cujo histograma gerado a partir dela tenha todos os níveis de cinza com o mesmo nível de intensidade, ou seja, obtém-se um histograma uniforme.

### **3.8. SEGMENTAÇÃO**

A técnica de segmentar divide uma imagem em partes ou objetos constituintes. É importante para que se possam definir recortes automáticos ao redor de objetos de interesse na imagem.

O nível de subdivisão a ser realizado, assim como a técnica a utilizar, dependem do problema a ser resolvido. [GONZALES, R. e WOODS, R., 2001]

Alguns algoritmos de segmentação propiciam encontrar diferenças entre dois ou mais objetos e saber a diferença, distinguir uma partícula isolada das outras e do fundo da imagem. Auxilia, também, na interpretação de pixels contíguos e os agrupam em regiões. Em geral, esses algoritmos são baseados nas seguintes propriedades de valores de tons de cinza:

- Descontinuidade;
- Similaridade.

O princípio está em particionar a imagem de acordo com mudanças bruscas nos níveis de cinza. As principais áreas de interesse são:

- Detecção de bordas;
- Detecção de linhas;
- Detecção de pontos isolados na imagem;

Quando a propriedade evidente é a similaridade, as abordagens, quase sempre, são baseadas em limiarização ou crescimento de regiões.

### **3.9. LIMIAÇÃO**

Fazer uso da técnica chamada limiarização torna possível a análise da similaridade dos níveis de cinza da imagem extraído desta os objetos de relevância da seleção de um limiar T que separa os aglutinados de níveis de cinza.

A limiarização de uma imagem pode ser definida como segue (fórmula 2):

$g(x,y) =$	$1$ se $f(x,y) \geq T$
	$0$ se $f(x,y) \leq T$

Fórmula 2 – Definição de imagem limiarizada

Onde  $f(x,y)$  corresponde ao nível de cinza do ponto. Os pixels valorados com 1 correspondem aos objetos e os pixels valorados com 0 correspondem ao fundo.  $T$  é um valor de tom de cinza predefinido e chamado limiar.

### 3.10. SEGMENTAÇÃO ORIENTADA A REGIÕES

Tal como a limiarização, a segmentação orientada a regiões também analisa a similaridade dos níveis de cinza da imagem.

O crescimento de regiões provê o agrupamento de pixels ou sub-regiões em áreas maiores. Consiste na agregação de pixels, começando por um conjunto de pontos, também chamado de semente, e a partir destes acresce às regiões aqueles pixels que tenham propriedades similares, tais como:

- Textura;
- Níveis de cinza;
- Cor.

### 3.11. SEGMENTAÇÃO BASEADA EM BORDAS

Uma borda é o limite entre duas áreas, delimitando o contorno e caracterizando as transições entre objetos diferentes. É primordial à segmentação e identificação de objetos da imagem.

Das técnicas baseadas em bordas, as mais simples são as que detecam as bordas pelos operadores gradientes (Sobel, Laplace), sofrendo em seguida uma limiarização.

## 4. A TECNOLOGIA DAS CÂMERAS DIGITAIS

A câmera digital é bem diferente das câmeras convencionais (analógicas), embora tenham a mesma função básica, capturar fotos. As convencionais nem sequer precisam de eletricidade para funcionar, são baseadas em processos mecânicos, e as fotos obtidas por meio delas precisam sofrer um processo químico de revelação. Por outro lado, todas as câmeras digitais possuem um computador embutido e todas elas registram imagens eletronicamente. [HowStuffWorks, 2009]

As tecnologias mais utilizadas nas câmeras digitais são a de CCD ou CMOS. Para este trabalho é interessante que se conheça a tecnologia do CCD.

### 4.1. O CHARGE COUPLED DEVICE

O *Charge Coupled Device* (CCD) ou “Dispositivo Acoplado de Carga é formado de um conjunto de sensores, chamados “Fotocélulas”, muito mais sensíveis à luz que os filmes convencionais, arranjados em uma matriz de linhas e colunas”.<sup>9</sup>

Na figura 17 é mostrado de forma simplificada como é constituída uma câmera digital que utiliza matriz CCD para captura de imagens. A figura 18 demonstra, em melhor detalhamento, como é formada uma matriz CCD como as utilizadas nas câmeras digitais.

---

<sup>9</sup> [HTTP://www.cdcc.usp.br/cda/aprendendo-superior/sistemas-digitais/index.htm](http://www.cdcc.usp.br/cda/aprendendo-superior/sistemas-digitais/index.htm).

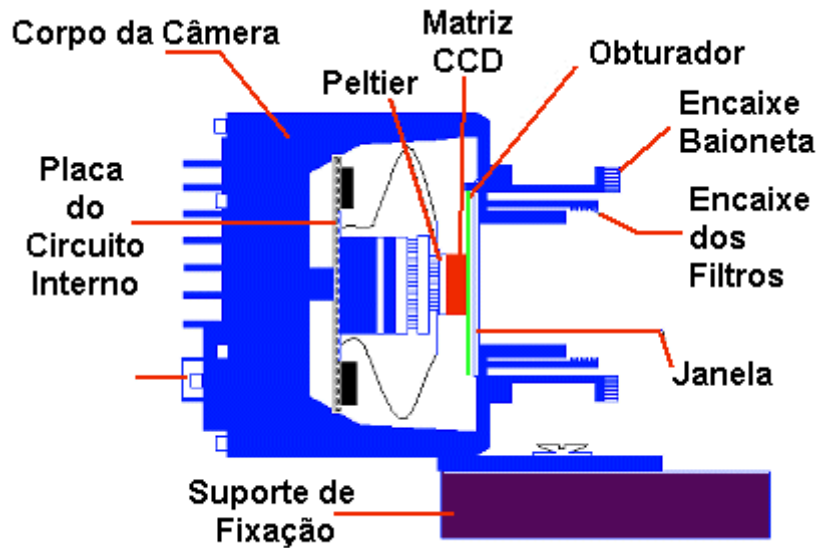


Figura 17 – Esquema de uma câmera digital CCD

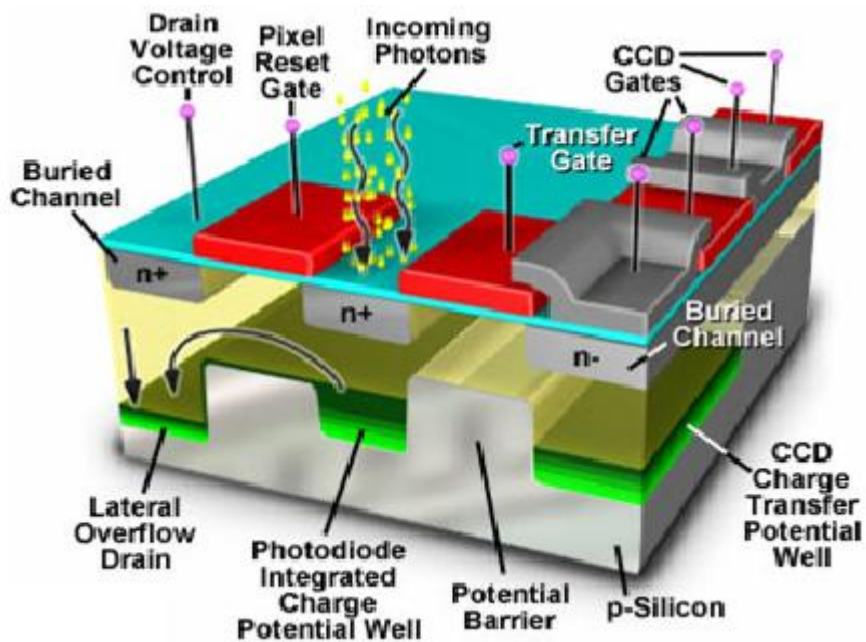


Figura 18 – Ilustração da matriz CCD

Fonte: Prof. Sidnei Paciornik - Fundamentos de imagem digital – PUC-RJ

O princípio físico através do qual se obtém uma imagem com o CCD é o **Efeito Fotoelétrico**, ou seja, certos materiais, ao serem iluminados, liberam elétrons.



## 5. PROJETO

Para um melhor entendimento a respeito do projeto e facilitar que este seja vislumbrado como um todo, foram concebidos alguns modelos:

- Modelo de Entidades;
- Funcionalidades;

### 5.1. MODELO DE ENTIDADES

O modelo de entidades tem por finalidade demonstrar graficamente como estão dispostas as entidades envolvidas no projeto, como pode ser observado na figura 19, devidamente legendada.

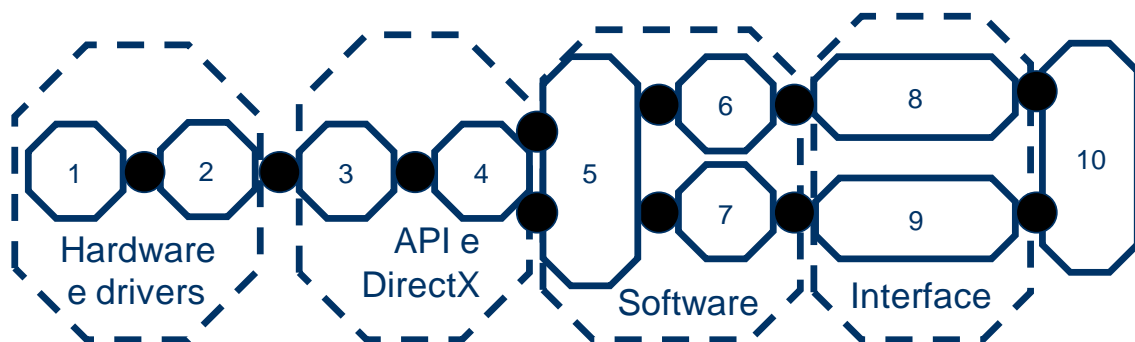


Figura 19 – Modelo de Entidades

#### Legenda:

1. Câmera CCD;
2. Driver do dispositivo;
3. API do MS Windows;
4. DirectX;
5. Conjunto de funções para gerar fluxo de imagens ao vivo;
6. Funções para captura e limiarização;
7. Funções para processamento e comparação das imagens;
8. Interface com usuário para captura do quadro desejado;
9. Interface para exibição de resultados;
10. Usuário;

## 5.2. FUNCIONALIDADES

Partindo do Modelo de Entidades, são especificadas as funcionalidades de cada entidade envolvida, como segue:

- Câmera CCD: utilizada para preview e captura de imagens;
- Driver do dispositivo: dedica-se ao funcionamento correto da câmera webcam no Sistema Operacional Microsoft Windows®;
- API do MS Windows®: conjunto de bibliotecas e funcionalidades do Sistema Operacional;
- DirectX: conjunto de bibliotecas e funcionalidades dedicadas a Multimídia;
- Conjunto de funções para gerar fluxo de imagens ao vivo: programação do software em questão;
- Funções para captura e limiarização: programação do software em questão;
- Funções para processamento e comparação das imagens: programação do software em questão;
- Interface com usuário para captura do quadro desejado: botão que proporciona ao usuário escolher o momento correto para capturar um determinado frame;
- Interface para exibição de resultados: campos que exibem o resultado dos cálculos de comparação executados pelo software;
- Usuário;

## 6. PROPOSTA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) destina-se ao estudo de uma solução para reconhecimento automático de veículos por meio da placa. O objetivo final é ter um **SISTEMA RECONHECEDOR DE PLACAS DE VEÍCULOS USANDO TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS**. Para tal faz-se necessário o estudo das funcionalidades e de como utilizar o DirectShow, componente do DirectX®.

O *preview* de imagens obter-se-á através de uma webcam (câmera digital CCD), juntamente com aplicação de filtro de limiarização, para tornar a imagem obtida monocromática, facilitando assim o trabalho de reconhecimento do padrão de imagem da placa presente nos automóveis.

### 6.1. RESULTADOS ALCANÇADOS

Além de estudo teórico a respeito das tecnologias envolvidas no projeto, foi implementada adaptação sobre um software livre que oferece suporte às funcionalidades desejadas, encontrado no website [www.codeproject.com](http://www.codeproject.com). A classe principal sobre a qual foi empenhado esforço é VMR\_Capture.cpp<sup>10</sup>, desenvolvida em C++. Para editá-la foi utilizada a IDE Microsoft Visual Studio versão 2008.

A classe citada gera uma interface de comunicação com o usuário, que reconhece e permite escolher uma webcam previamente instalada no sistema para iniciar a seqüência de *preview* de imagens. As imagens que estão sendo capturadas pela webcam são convertidas em preto e branco, resultado da aplicação de um filtro limiarizador, o que pode ser observado na figura 21.

Ainda focando a figura 20, na imagem mostrada no lado direito, há uma área de interesse na imagem a ser analisada, que permite separar somente o que se deseja processar do frame.

---

<sup>10</sup> Classe escrita e postada no website CODEPROJECT por Sagar K.R.



**Figura 20 – Conversão de imagem para monocromática**

Na figura 21, pode-se observar que foram criados botões específicos para:

- A. Escolher a câmera disponível no sistema;
- B. Ligar a câmera;
- C. Iniciar a comparação do fluxo de imagens ao vivo com a imagem arquivada;
- D. Capturar e armazenar em disco o frame desejado;
- E. Pausar a exibição e processamento;
- F. Retomar a exibição e o processamento;
- G. Sair.

Além dos botões há os campos onde são exibidos os resultados da comparação, e as imagens tanto ao vivo como já limiarizada:

- H. Em forma de número inteiro;
- I. Em formato percentual;
- J. Na forma de uma barra de progresso;
- K. Espaço para exibição da imagem ao vivo;
- L. Espaço para exibição da imagem limiarizada.

A exibição do resultado em formato de número inteiro consiste de uma variável de somatória que é incrementada toda vez que a função de comparação encontra um pixel de mesmo valor e localização, comum às duas imagens.

Como mostrado na figura 21, considerando-se que na área de interesse da imagem são executadas 12000 operações de comparação, verifica-se que 11284 pixels são comuns em valor e posição em ambas as imagens. Conseqüentemente, esse valor traduzido em percentual, representa 94% de semelhança.

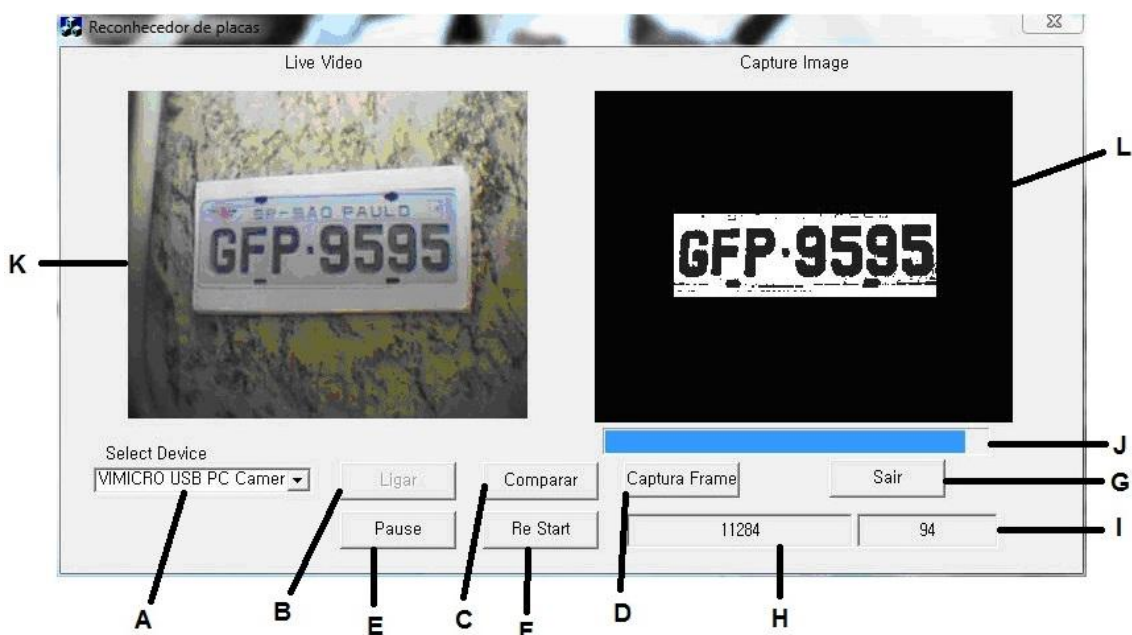


Figura 21 - Tela da versão atual.

Foram utilizadas, nos testes, figuras de placas de veículos encontradas através do buscador Google imagens, vide figura 22, e outras obtidas pelo autor deste trabalho por meio de fotografias, vide figura 23.



Figura 22 - Figura de placa obtida no Google imagens.



Figura 23 - Figura de placa obtida por meio de fotografia pelo autor.

As imagens de placas analisadas pelo software tiveram os resultados percentuais cruzados em uma tabela onde são comparadas dez placas entre si, como se pode ver na tabela 1. As células em destaque são as que armazenam os resultados mais expressivos em similaridade, contendo os resultados do cruzamento de uma placa ou imagem com ela mesma.

Além das dez placas são utilizadas também uma imagem totalmente preenchida na cor preta e outra na cor branca, onde estas deverão imprimir mais veracidade ao experimento, pois quando se compara a imagem preta com a branca obtém-se 0% de semelhança, contra 100% de semelhança quando se compara a imagem preta ou branca consigo mesmas.

%	Placa 1	Placa 2	Placa 3	Placa 4	Placa 5	Placa 6	Placa 7	Placa 8	Placa 9	Placa 10	Preto	Branco
Placa 1	96	78	85	77	79	61	78	78	75	76	15	83
Placa 2	83	98	80	79	82	70	81	80	80	81	14	86
Placa 3	80	78	97	81	80	71	81	81	76	76	13	87
Placa 4	80	80	79	98	79	73	78	79	79	75	20	80
Placa 5	81	82	82	77	99	75	86	83	81	85	11	89
Placa 6	70	70	72	67	70	96	74	70	70	74	28	72
Placa 7	82	82	80	76	82	80	99	86	84	85	13	87
Placa 8	74	78	81	77	79	69	79	95	85	80	18	82
Placa 9	73	73	76	74	73	69	74	82	97	73	25	75
Placa 10	81	83	84	80	83	79	85	83	81	99	12	88
Preto	13	12	7	15	10	26	9	19	13	9	100	0
Branco	87	87	90	83	89	74	90	87	84	88	0	100

Tabela 1 - Comparação entre placas e fundo branco e preto.

A seguir, trecho do código fonte, onde ocorrem as operações mais importantes do projeto, definição da área de interesse e comparações entre as imagens:

```

1. r = *(pTemp++);
2. g = *(pTemp++);
3. b = *(pTemp++);
4. (pTemp++); // skip alpha
5. res = (((r+g+b)/3) > limiar ? 255 : 33); // 33 = "!" e 255 = "ÿ"
6. res2 = ((r+g+b)/3);
7. vetlmg[239-i][959-j] = res;
8. vetlmg[239-i][959-j-1] = res;
9. vetlmg[239-i][959-j-2] = res;
10. if (i > 90 && j > 180 && i < 151 && j < 781) {
11.     if (ptArqAberto[239-i][959-j] == vetlmg[239-i][959-j]) somatoria++;
12.     *(ptr--) = res;
13.     *(ptr--) = res;
14.     *(ptr--) = res;
15. } else {
16.     *(ptr--) = 0;
17.     *(ptr--) = 0;
18.     *(ptr--) = 0;
19. }

```

Uma breve descrição do código acima e da forma de ação dos testes empregados:

**\*pTemp**: ponteiro auxiliar de varredura da imagem;

**\*ptr**: ponteiro da imagem ao vivo;

**r, g, b**: variáveis que desmembram o \*pTemp em pixels Red, Green e Blue;

**res:** recebe a média de r,g,b limiarizada para 255 caso limiar seja maior que 128 ou 33 caso limiar seja menor que 128;

**res2:** recebe a média de r,g,b não limiarizada;

**vetImg[ ][ ]:** vetor bidimensional que armazena o frame ao vivo para ser comparado com o anteriormente gravado;

**ptArqAberto[ ][ ]:** vetor bidimensional onde é carregado o conteúdo do frame recuperado do disco;

**if:** na linha 10 é definida a área de interesse i1,j1 a i2,j2 da imagem (R.O.I), onde ocorrerão as comparações de semelhança. Quando o ponteiro da imagem estiver dentro da R.O.I. será executado o teste condicional da linha 11, caso contrário, o restante da imagem será preenchido com a cor preta (ver figuras 20 e 21), conforme linhas 16, 17 e 18;

**if:** na linha 11 efetua-se o teste para que se identifiquem semelhanças entre ptArqAberto[i][j] e vetImg[i][j]. Quando este teste condicional for verdadeiro a variável **somatória** será incrementada em +1.

É de interesse que se saiba, também, como ocorre o carregamento da imagem armazenada em disco e o que se visualiza ao carregar o conteúdo da mesma no Bloco de Notas do Windows®, por exemplo.

Abaixo, trecho da função de abertura do arquivo gravado em disco e carregamento do seu conteúdo ao vetor bidimensional ptArqAberto:

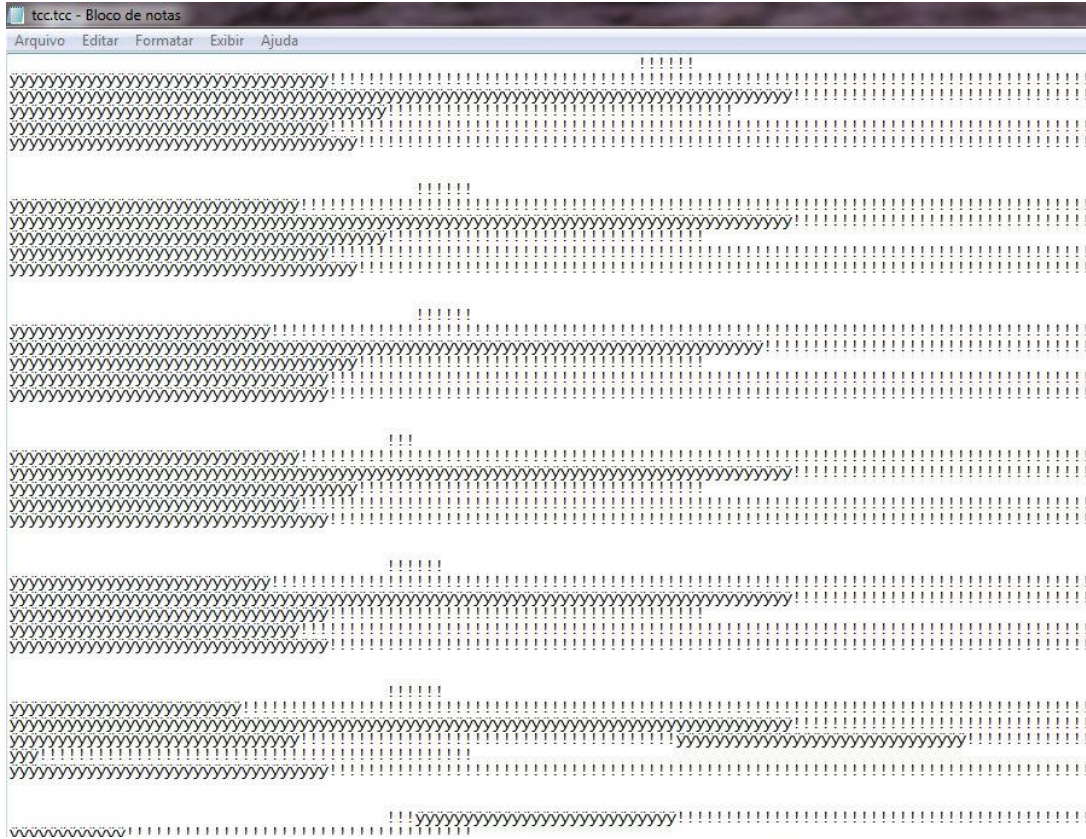
```

errno_t err;
FILE * tccPtr;
int ch;
if ((err = fopen_s(&tccPtr,"tcc.tcc", "r")) != 0){
    printf("Arquivo nao PODE ser aberto\n");
}else {
    ch = fgetc(tccPtr);
    while (ch!= EOF) {
        for(int lin = 0; lin < 240; lin++){
            for(int col = 0; col < 960; col++){
                ptArqAberto[lin][col] = ch;
                ch = fgetc(tccPtr);
            }
        }
    }
    fclose(tccPtr);
}

```



O arquivo que armazena o frame capturado para posterior comparação com a imagem ao vivo, é denominado “tcc.tcc” e a seguir, na figura 24, é mostrado como este é visualizado no aplicativo Bloco de Notas®, pois seu conteúdo é composto de caracteres alfanuméricos da tabela ASCII.



**Figura 24 – Visualização do arquivo tcc.tcc no Bloco de Notas®**

## **7. CONCLUSÕES**

### **7.1. Como objetivo do trabalho**

Com a análise dos dados e resultados pode-se verificar que o software é eficiente em reconhecer placas em ambientes extremamente controlados, em condições de iluminação adequadas. Pode-se verificar ainda a eficiência do mesmo quanto a comparações com condições máximas de erro, no caso de imagens totalmente brancas ou totalmente escuras.

### **7.2. Como objetivo de estudo**

Foi necessário o aprendizado de técnicas em processamento de imagens, bem como fundamentos em programação de computadores.

Também foi necessária a compreensão do funcionamento do paradigma da Orientação a Objetos em C++, e variações desta linguagem para ambiente visual, e o domínio da ferramenta Microsoft Visual Studio. Desnecessário dizer sobre o tempo dispensado ao estudo, e o esforço realizado para a construção do software.

### **7.3. Como objetivo pessoal**

Apesar de ser um empreendimento individual, acabou sendo uma grande prova de trabalho em equipe, pois a busca por soluções aos problemas encontrados no decorrer do desenvolvimento se deu também por meio de relacionamento com colegas programadores, reuniões com orientador e fórum MSDN.

A trabalhos futuros fica a inspiração de desenvolver o módulo de persistência em banco de dados relacional, que não foi desenvolvido por falta de tempo hábil, mediante as dificuldades encontradas na implementação das funções relacionadas à comparação das imagens.

## 8. REFERÊNCIAS

Astrofotografia Digital, acesso em 24/06/2009, disponível em [HTTP://www.cdcc.usp.br/cda/aprendendo-superior/sistemas-digitais/index.htm](http://www.cdcc.usp.br/cda/aprendendo-superior/sistemas-digitais/index.htm).

ComoTudoFunciona, tradução de HowStuffWorks. Acessado em 22/06/2009, disponível em [HTTP://www.saude.hsw.uol.com.br/visao.htm](http://www.saude.hsw.uol.com.br/visao.htm).

COSTA, Antonio Cardoso, História da Computação Gráfica, Acessado em 20/06/2009, disponível em <http://www.dei.isep.ipp.pt/~jpp/sgrai/Historia.pdf>

GOMES, Jonas; VELHO, Luiz, Computação Gráfica: Imagem, 1ª ed., Rio de Janeiro: IMPA/SBM, 1994.

GONZALES, Rafael C.; WOODS, Richard E., Digital Image Processing, 2ª ed., New Jersey, Prentice-Hall Inc., 2001.

PACIORNIK, Prof. Sidnei, Fundamentos da Imagem Digital – Curso de Especialização em Animação, acessado em 23/06/2009, download disponível em [HTTP://www.dcomm.puc-rio.br/download/Fundamentos%20da%20Imagem%20Digital.pdf](http://www.dcomm.puc-rio.br/download/Fundamentos%20da%20Imagem%20Digital.pdf).

Portal Dr. Visão, acessado em 23/06/2009, disponível em [HTTP://www.drvisao.com.br/conheca\\_olho.php](http://www.drvisao.com.br/conheca_olho.php).

R., Sagar K., classe DXCapture.cpp, integrante do projeto DXCapture.vcproj, download em 13/06/2009, disponível em [HTTP://www.codeproject.com](http://www.codeproject.com).