



**Universidade de Brasília**

Instituto de Ciências Exatas  
Departamento de Ciência da Computação

**Detecção e monitoramento de vagas disponíveis em  
estacionamentos abertos através de processamento de  
imagens**

Vitor de Alencastro Lacerda

Monografia apresentada como requisito parcial  
para conclusão do Bacharelado em Ciência da Computação

Orientador  
Prof. Dr. Alexandre Zaghetto

Brasília  
2015

Universidade de Brasília — UnB  
Instituto de Ciências Exatas  
Departamento de Ciência da Computação  
Bacharelado em Ciência da Computação

Coordenador: Prof. Dr. Coordenador

Banca examinadora composta por:

Prof. Dr. Alexandre Zaghetto (Orientador) — CIC/UnB

Prof. Dr. Professor I — CIC/UnB

Prof. Dr. Professor II — CIC/UnB

### **CIP — Catalogação Internacional na Publicação**

Lacerda, Vitor de Alencastro.

Detecção e monitoramento de vagas disponíveis em estacionamentos  
abertos através de processamento de imagens / Vitor de Alencastro

Lacerda. Brasília : UnB, 2015.

37 p. : il. ; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) — Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

1. Estacionamento, 2. Processamento de Imagens, 3. Vagas livres

CDU 004.4

Endereço: Universidade de Brasília  
Campus Universitário Darcy Ribeiro — Asa Norte  
CEP 70910-900  
Brasília-DF — Brasil



**Universidade de Brasília**

Instituto de Ciências Exatas  
Departamento de Ciência da Computação

## Detecção e monitoramento de vagas disponíveis em estacionamentos abertos através de processamento de imagens

Vitor de Alencastro Lacerda

Monografia apresentada como requisito parcial  
para conclusão do Bacharelado em Ciência da Computação

Prof. Dr. Alexandre Zaghetto (Orientador)  
CIC/UnB

Prof. Dr. Professor I    Prof. Dr. Professor II  
CIC/UnB                      CIC/UnB

Prof. Dr. Coordenador  
Coordenador do Bacharelado em Ciência da Computação

Brasília, 10 de setembro de 2015

# Dedicatória

Dedico a....

# Agradecimentos

Agradeço a....

# Abstract

A ciência...

**Palavras-chave:** Estacionamento, Processamento de Imagens, Vagas livres

# Abstract

The science...

**Keywords:** Parking lot, Image processing, Free Spaces

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Fundamentação Teórica</b>	<b>3</b>
2.1	Processamento de Imagens . . . . .	3
2.1.1	Imagens em nível de cinza . . . . .	3
2.1.2	Espaços de cores . . . . .	3
2.1.3	O espaço RGB . . . . .	4
2.1.4	Espaço YCbCr . . . . .	4
2.1.5	Descritores de textura . . . . .	5
2.1.6	GLCM . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Solução Proposta</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Resultados</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Conclusão</b>	<b>10</b>
	<b>Referências</b>	<b>11</b>



# Lista de Figuras

2.1	(a) Uma matriz com níveis de cinza e (b) a imagem correspondente . . . . .	4
2.2	(a) Uma imagem e cada um de seus canais RGB ordenados da esquerda para a direita e (b) os canais YCbCr da imagem ordenados da esquerda para a direita. . . . .	5
2.3	Exemplo da elaboração da GLCM. Extraída de <a href="https://www.mathworks.com/help/images/ref/">https://www.mathworks.com/help/images/ref/</a>	

# Lista de Tabelas

# Capítulo 1

## Introdução

Atualmente, a frota de carros dos grandes centros urbanos tem ficado cada vez maior. Esse aumento no número de veículos cria uma demanda por espaço de estacionamento, levando a construção de novos estacionamentos e uma dificuldade muito maior de se encontrar vagas disponíveis nos estacionamentos existentes nos estabelecimentos comerciais, áreas residenciais e centros urbanos.

De fato, todo ano, milhões de pessoas gastam milhares de horas rondando estacionamentos de supermercados, *shoppings* e prédios comerciais em busca de uma vaga de estacionamento vazia. Procurar por uma vaga em um estacionamento grande e cheio é uma tarefa cansativa e desagradável. Muitas vezes vagas desocupadas não são encontradas por motoristas que preferem parar seu carro e esperar que uma vaga seja liberada próximo a ele. Outras vezes possíveis clientes desistem de ir a um determinado estabelecimento pois sabem da dificuldade de estacionar que enfrentarão. Esse problema é comum principalmente em *shopping centers* e grandes supermercados, que possuem seus próprios estacionamentos disponíveis para os clientes, mas que estão frequentemente muito cheios.

Facilitar a tarefa da busca de vagas em estacionamentos de estabelecimentos como estes é benéfico então não só para os clientes, mas também para os donos e gerentes desses estabelecimentos. Sendo assim, esse trabalho tem como objetivo criar um sistema que seja capaz de determinar a ocupação das vagas de um estacionamento descoberto e informar quantas vagas estão disponíveis e a sua localização para os motoristas através do processamento de imagens do estacionamento. Tal solução facilitaria a procura de vagas, eliminando o tempo gasto trafegando por fileiras de vagas ocupadas.

A solução utiliza redes neurais artificiais combinadas com técnicas descritoras de textura e características de crominância para diferenciar imagens de carros de imagens de vagas desocupadas. Cada região que contém vagas na imagem obtida é dividida em diversas seções verticais. Cada seção será classificada entre vaga vazia ou veículo, de forma que o programa então é capaz de determinar quantas vagas estão ocupadas nessa região e, conseqüentemente, quantas estão vazias.

No capítulo 2 serão apresentados alguns conceitos importantes para o entendimento da solução que será apresentada posteriormente. Serão detalhados o que é uma imagem, como funciona um vídeo e outros elementos teóricos importantes como espaços de cores, classificação de padrões e redes neurais artificiais. Em seguida serão apresentadas algumas métricas utilizadas na validação dos resultados do trabalho. Finalmente, alguns trabalhos correlatos serão citados, e serão discutidos os motivos da escolha da abordagem utilizada.

No capítulo 3, a solução proposta é apresentada. Nesta seção será detalhado o funcionamento do sistema criado, o fluxo de execução do programa e os elementos que permitem o funcionamento do sistema.

Em seguida, no capítulo 4 apresentará dados estatísticos sobre os resultados obtidos, acompanhados de observações. Esse capítulo também apresenta os detalhes da rede neural artificial utilizada.

O capítulo 5 possui comentários sobre a taxa de sucesso do trabalho, suas fragilidades, sua adequação para uso no estado atual e se o objetivo desejado foi alcançado. O capítulo finaliza o trabalho com uma discussão sobre possíveis trabalhos futuros para a evolução do sistema.[1]

# Capítulo 2

## Fundamentação Teórica

Esse capítulo tem como objetivo apresentar conceitos que facilitarão o entendimento do conteúdo do capítulo 3, detalhando técnicas e conceitos utilizados na execução do trabalho através de exemplos e imagens. Serão apresentados conceitos relacionados ao processamento de imagens estáticas, seguidos de uma discussão breve sobre técnicas aplicadas em vídeos. Por fim serão detalhados as redes neurais e o conceito de classificação de padrões.

### 2.1 Processamento de Imagens

#### 2.1.1 Imagens em nível de cinza

Para que um computador seja capaz de operar sobre uma imagem, é preciso que seja utilizado um modelo de representação que traduza o que os nossos sentidos conseguem perceber em informações que podem ser interpretadas por uma máquina que não é dotada de visão. A forma mais simples de se representar uma imagem são as imagens em nível de cinza. Podemos definir imagens como uma função  $f_{x,y}$  onde  $x$  e  $y$  são coordenadas espaciais e o valor de  $f_{x,y}$  é a luminosidade, ou nível de cinza, da imagem naquele ponto. Quando esses valores são todos discretos, chamamos essa imagem de uma imagem digital.[3] Cada elemento individual dessa imagem, cada valor em cada coordenada, pode ser chamado de um *picture element* ou mais comumente *pixel*. Em imagens digitais em nível de cinza, cada *pixel* possui 1 *bit* de informação, ou seja, pode assumir valores entre 0 e 255, onde o valor 0 representa o preto e 255 representa o branco.

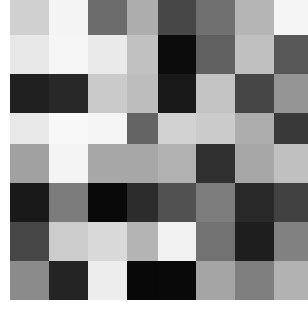
Uma imagem então, pode ser interpretada por um programa de computador como uma matriz  $M \times N$  de elementos de 1 *bit*, onde  $M$  é a largura da imagem e  $N$  é a sua altura. Cada elemento  $p_{i,j}$  da matriz possui a informação de luminosidade do pixel correspondente e o computador é capaz de exibir e interpretar esses valores apropriadamente. A figura 2.1 exemplifica esse processo.

#### 2.1.2 Espaços de cores

Para que um sistema de processamento de imagens possa interpretar e processar cores, é preciso criar modelos apropriados para representá-las. Chamamos os modelos de representação das cores em uma imagem um espaços de cor. Existem diversos espaços de

208	244	108	173	71	112	181	245
231	246	234	193	12	97	192	87
32	40	202	189	25	195	70	149
233	248	245	100	210	203	173	57
161	244	167	167	177	48	167	192
25	124	9	44	81	125	41	65
71	204	217	180	242	114	30	129
139	36	238	8	9	165	127	178

(a)



(b)

Figura 2.1: (a) Uma matriz com níveis de cinza e (b) a imagem correspondente

cor, cada um importante para a realização de tarefas e necessidades diferentes. Para a compreensão deste trabalho, é necessário, porém, entender apenas dois: o espaço RGB e o espaço YCbCr.

### 2.1.3 O espaço RGB

RGB é um acrônimo para *Red*, *Green*, *Blue*, vermelho, verde e azul em inglês. Pesquisas mostram que um grande gama de cores pode ser formado através de combinações aditivas das cores vermelho, verde e azul. Essas cores são consideradas então cores primárias aditivas.[4]. Nesse modelo, a cor de um *pixel* de uma imagem é representada através de um três coeficientes que definem a influência de cada cor primária na combinação. Uma imagem no modelo RGB é então representada por três matrizes de níveis de cinza de dimensões iguais, chamadas canais, onde cada valor representado na matriz, representa o valor do coeficiente da cor correspondente na imagem final. Isto é, a imagem pode ser representada por uma matriz  $M \times N \times 3$  onde a cor final  $C_{i,j}$  de cada *pixel* da imagem é definida pela equação 2.1. A imagem 2.2a mostra os canais de uma imagem RGB separadamente.

Esse espaço de cor é o mais comumente encontrado no cotidiano, uma vez que é semelhante visão humana e portanto é utilizado pelos dispositivos multimídia mais comuns.

$$C_{i,j} = p_{i,j,1} \cdot R + p_{i,j,2} \cdot G + p_{i,j,3} \cdot B, (0 < i < M, 0 < j < N) \quad (2.1)$$

### 2.1.4 Espaço YCbCr

Assim como o espaço de cor RGB, o espaço YCbCr também representa uma imagem através de três matrizes, porém, seus canais contêm informações diferentes do modelo RGB. Esse modelo, é muito utilizado para o armazenamento de vídeos, uma vez que o modelo tira vantagem de alguns aspectos da visão humana para poder armazenar menos dados, sem perda significativa de informação visual. Por exemplo, humanos são mais sensíveis à detalhes e variações em níveis de cinza do que detalhes em imagens coloridas. Além disso, o olho humano é mais sensível ao verde do que qualquer outra cor[2]. Com esse conhecimento, o espaço YCbCr representa as cores de uma imagem através de sua luminosidade(Y) e os valores de cromaticidade azul(Cb) e cromaticidade vermelha(Cr). Cb e Cr são sinais de diferença de cor e são definidos pela subtração do valor de luminosidade

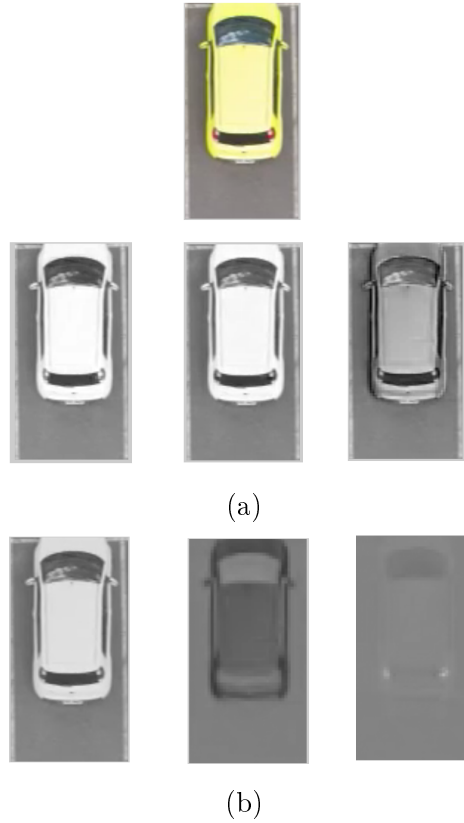


Figura 2.2: (a) Uma imagem e cada um de seus canais RGB ordenados da esquerda para a direita e (b) os canais YCbCr da imagem ordenados da esquerda para a direita.

do canal azul e vermelho da imagem, respectivamente. A luminosidade é definida pela equação 2.2[5] que reflete a sensibilidade maior a cor verde da visão humana.

Na figura 2.2b estão exemplificados os canais de uma imagem no espaço YCbCr.

$$Y = 0,299.R + 0,587.G + 0,114.B \quad (2.2)$$

### 2.1.5 Descritores de textura

Descritores de textura são algoritmos que procuram fazer o que o olho humano faz com facilidade: distinguir entre tipos diferentes de objetos apenas por algumas de suas características visuais. Estes algoritmos são utilizados quando a abordagem de processamento *pixel-a-pixel* se mostra insuficiente. Eles observam e analisam características pertinentes a imagem inteira e são capazes de identificar diferenças mais sutis entre imagens diferentes. Existem diversas técnicas de descrição de textura que são utilizadas com sucesso em aplicações de processamento de imagem. Para esse trabalho, a técnica escolhida foi a conhecida como GLCM(*gray-level co-occurrence matrix*) descrita na seção 2.1.6, por ter execução rápida e ser invariante quanto a escala de cinza.

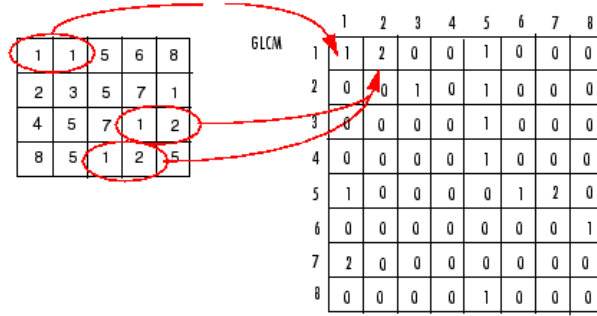


Figura 2.3: Exemplo da elaboração da GLCM. Extraída de <https://www.mathworks.com/help/images/ref/graycomatrix.html>

### 2.1.6 GLCM

GLCM, ou matriz de co-ocorrência de nível de cinza, é uma técnica de descrição de textura que visa extrair medidas estatísticas da imagem sendo analisada. Para tanto, é criada uma matriz quadrada de tamanho  $M \times M$  onde  $M$  é a quantidade de níveis de cinza possíveis na imagem em questão. Essa matriz armazena a probabilidade de dois *pixels* se relacionarem através de uma certa relação espacial[? ].

Para esse trabalho, a relação observada é a da vizinhança entre dois *pixels*, sempre analisando o valor a direita de um determinado *pixel* da imagem. Os 255 valores de intensidade possíveis são divididos em 8 níveis. Cada elemento  $P_{i,j}$  na GLCM  $G$  conta a quantidade de vezes que um *pixel* com valor de intensidade no nível  $j$  apareceu à direita de um *pixel* com valor no nível  $i$ . A figura 2.3 exemplifica a criação da GLCM a partir de uma imagem com 8 níveis possíveis.

Uma vez criada a imagem, diversas medidas podem ser tiradas. Para esse trabalho são extraídas 4 características definidas abaixo. Nas equações apresentadas  $P_{(i,j)}$  representa o valor do elemento na posição  $(i, j)$  da GLCM,  $\mu_i$  e  $\mu_j$  representam a média dos valores de  $i$  e  $j$  respectivamente e  $\sigma_i$  e  $\sigma_j$  os desvios padrão destes valores.

- Contraste: mede o contraste entre um *pixel* e seu vizinho na imagem. Deve ser 0 para uma imagem completamente homogênea. Definido por:

$$C = \sum_{i,j} (i - j)^2 P_{(i,j)} \quad (2.3)$$

- Correlação: mede a taxa de correlação de um *pixel* e seu vizinho na imagem inteira. Definida por:

$$Co = \sum_{i,j} \frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j) P_{(i,j)}}{\sigma_i \sigma_j} \quad (2.4)$$

- Energia: soma do quadrado dos elementos da imagem. Definida por:

$$E = \sum_{i,j} P_{(i,j)}^2 \quad (2.5)$$



- Homogeneidade: mede a proximidade da distribuição dos elementos à diagonal da matriz. Definida por:

$$H = \sum_{i,j} \frac{P_{(i,j)}}{1 + |i - j|} \quad (2.6)$$

## Capítulo 3

### Solução Proposta

## Capítulo 4

## Resultados

## Capítulo 5

## Conclusão

# Referências

- [1] José Eustáquio Rangel de Queiroz and Herman Martins Gomes. Introdução ao processamento digital de imagens. *RITA*, 13(2):11–42, 2006. 2
- [2] R Gaunt. Color spaces in digital video. Technical report, Lawrence Livermore National Lab., CA (United States), 1997. 4
- [3] Rafael C Gonzalez. *Digital image processing*. Pearson Education India, 2009. 3
- [4] IBGE. *Introdução ao processamento digital de imagens*. IBGE, 2000. 4
- [5] Charles A. Poynton. *A Technical Introduction to Digital Video*. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA, 1996. 5