

Detecção e Estimação de Sinais

Estudo da Representatividade Estatística em Padrões de Imagens

Aline da Rocha Gesualdi Mello, José Manoel de Seixas,
Marcelo Portes de Albuquerque, Eugênio Suares Caner,
Márcio Portes de Albuquerque, Érica Marques da Silva

1. Objetivo:

Determinação da representação estatística dos algarismos e letras contidos em imagens de placas de automóveis e caracterização do ruído correspondente a imagem de fundo.

2. Introdução:

Sistemas automatizados de engenharia de trânsito, que apresentam algum tipo de comportamento inteligente, utilizam mecanismos sofisticados de processamento, como, por exemplo, a redução de ruído, baseada em técnicas de processamento de imagens, ou reconhecimento de padrões, com base em redes neurais artificiais.

Neste trabalho abordaremos alguns pré-requisitos necessários na aplicação de um sistema de reconhecimento de caracteres, contidos em placas de licença de veículos particulares brasileiros, baseado em redes neurais.

A utilização de classificadores neurais para o reconhecimento de caracteres requer um treinamento para os diversos padrões que deverão ser identificados. A placa de licença dos automóveis é composta por sete caracteres alfanuméricos individualizados, sendo os três primeiros, resultantes do arranjo, com repetição, de 26 letras, tomadas três a três, e os quatro restantes, resultantes do arranjo, com repetição, de 10 algarismos, tomados quatro a quatro.

Um banco de dados com 360 imagens de placas foi construído objetivando treinar as redes neurais dos algarismos e letras para a tarefa de reconhecimento. Devemos, com este banco de dados, ser capaz de obter sucesso na classificação dos algarismos e letras. Mas, será que existe um número representativo de amostras dos caracteres necessários para o reconhecimento?

Para respondermos esta questão temos, inicialmente, que separar cada caractere por padrão e redimensioná-lo, reduzindo, desta forma, a dimensionalidade na entrada do classificador neuronal. Cada amostra dos algarismos e letras contidos nas placas dos veículos foram manualmente recortados e redimensionados para o tamanho 5 x 6 pixels.

O pré-requisito necessário para aplicação do classificador neuronal é verificar se os padrões a serem reconhecidos estão bem representados, *i.e.*, saber se há quantidade suficiente destes para uma boa generalização da rede. Esta verificação consta em determinar a estabilização na variância dos pixels que representam os padrões.

Um primeiro estudo a ser feito é caracterizar se os pixels que carregam informação relevante encontram-se em uma região de luminância distinta daqueles que representam o fundo da imagem. Para tal, iremos abordar o estudo de caracterização do ruído e do sinal (informação relevante). Em seguida, analisaremos os histogramas de cada pixel para todas as letras e algarismos, determinando quais são os padrões que necessitam de mais amostras para uma boa generalização dos classificadores neurais. Por fim, discutiremos a determinação do número de pixels necessários para cada padrão, bem como a geração de imagens de padrões por meio de simulação.

3. Estudo da caracterização do ruído de fundo da imagem

As imagens do banco de dados foram classificadas por categorias de contraste, *i.e.*, foram divididas em amostras de baixo e de alto contraste. Para cada um destes conjuntos é interessante, observarmos se há um patamar de decisão entre a informação representativa do objeto e a de fundo, chamada de ruído.

A identificação dos pixels de ruído (fundo) e de sinal foi feita de forma subjetiva através da observação dos histogramas dos pixels para um padrão. A Figura 1 ilustra um exemplo do histograma de um pixel caracterizado como sinal.

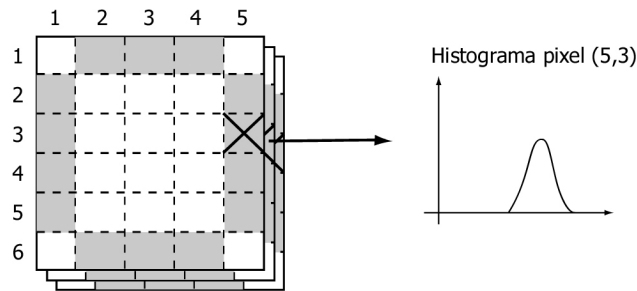


Figura 1 – Processo de obtenção do histograma dos pixels de um padrão

Todos os histogramas dos pixels, caracterizados como ruído, são agrupados e aproximados por uma função gaussiana. O mesmo procedimento é realizado para aqueles marcados como sendo sinal. A Figura 2(a) apresenta o histograma para amostras da categoria Claro e a Figura 2(b) o histograma das amostras da categoria Escuro.

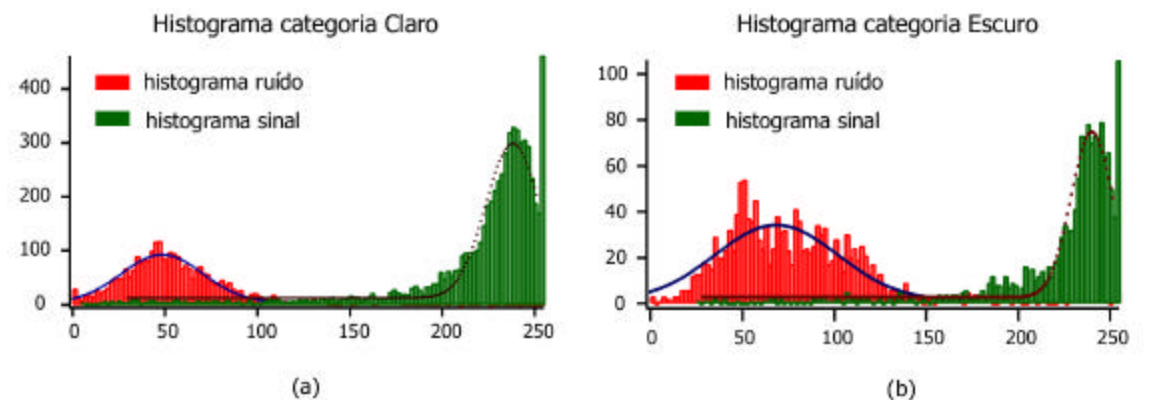


Figura 2 – (a) histograma das amostras da categoria claro. (b) histograma das amostras da categoria escuro.

As funções de aproximação (*fitting*) utilizadas na Figura 2 estão descritas na Tabela 1.

Funções	Categoria Claro	Categoria Escuro
Ruído	$3,29 + 88,74 e^{-\frac{(x - 48,43)^2}{31,22^2}}$	$1,26 + 32,92 e^{-\frac{(x - 68,50)^2}{46,97^2}}$
Sinal	$12,32 + 286,48 e^{-\frac{(x - 238,15)^2}{20,40^2}}$	$2,69 + 72,07 e^{-\frac{(x - 240,02)^2}{16,01^2}}$

Tabela 1 – Equações de aproximação dos histogramas de ruído e sinal das categorias Claro e Escuro.

Observando o *fitting* apresentado na Figura 2 notamos que a distribuição do ruído é bem representada por uma gaussiana, mas a do sinal não. Notamos também que há um patamar extenso entre a região de concentração do sinal e do ruído. Escolhemos o valor 150 para servir de patamar de caracterização de objeto e ruído.

Com a informação da representação estatística do sinal e do ruído, podemos analisar os histogramas dos pixels de cada padrão (caractere) a ser reconhecido e observar a representação estatística de cada pixel.

4. Representatividade estatística das amostras

As Figuras 3 e 4 apresentam os histogramas do algarismo 0 e da letra E respectivamente. A construção dos histogramas dos pixels de cada padrão foi feita conforme descrito na Figura 1.

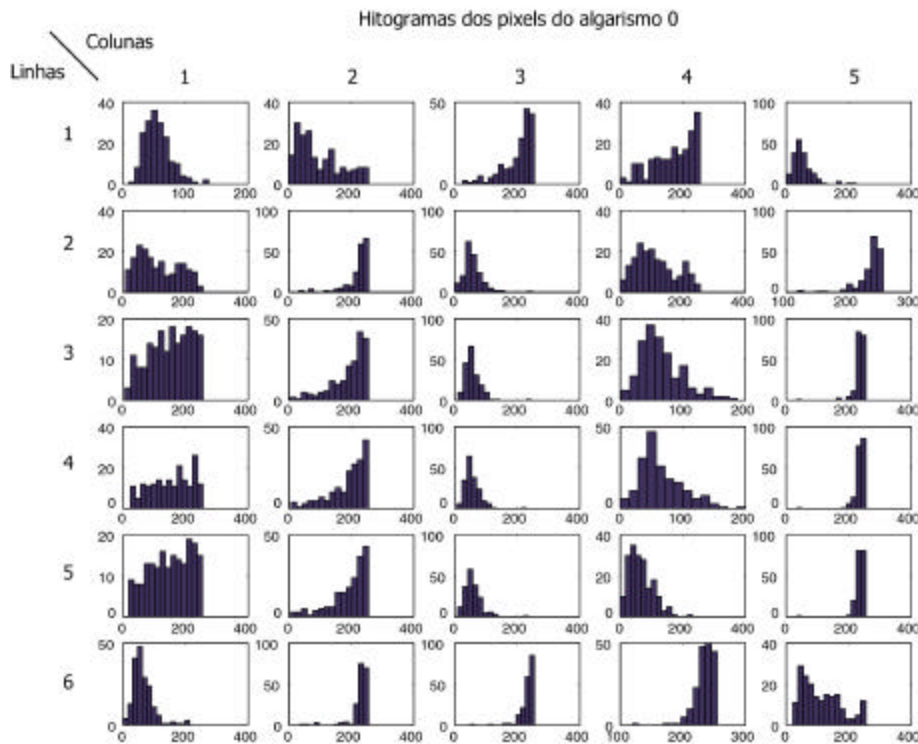


Figura 3 – Histograma dos pixels da imagem do algarismo 0.

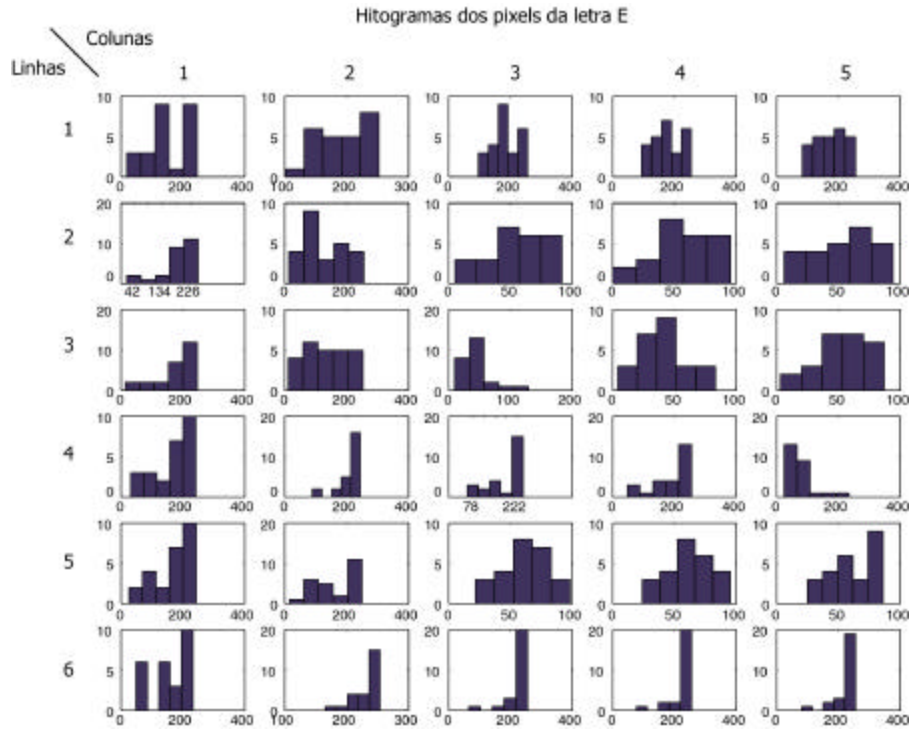


Figure 4 – Histograma dos pixels da imagem da letra E.

Observamos nos histogramas das Figuras 3 e 4 que alguns pixels possuem uma região predominante correspondente ao fundo da imagem, ou ruído, outros possuem característica predominante de objeto e outros não podemos estipular uma característica predominante. A representação de um pixel pode ser dada portanto pela assimetria do histograma, conforme ilustra a Figura 5.

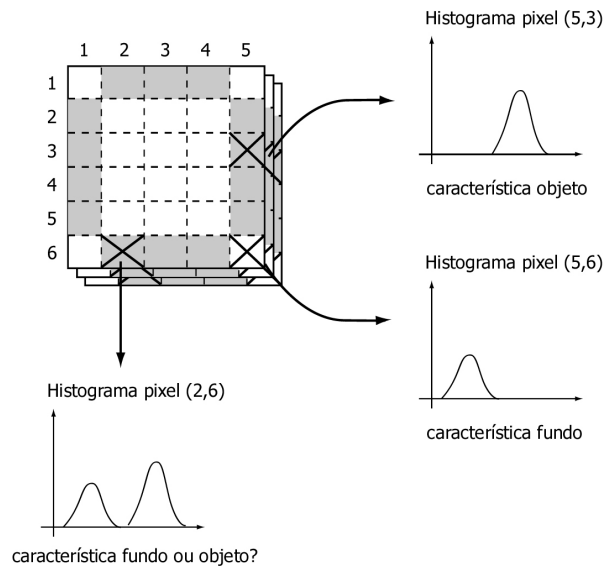


Figura 5 – Exemplo da assimetria no histograma, caracterizando as características de fundo ou objeto, e da simetria no histograma no caso da indeterminação deste pixel.

Desejamos portanto que haja uma assimetria no histograma, i.e. histogramas com uma região predominante. A simetria no histograma indica que há uma indeterminação se aquele pixel é objeto ou fundo.

O ponto de simetria é dado pelo patamar entre informação de sinal e ruído calculado na seção 3, onde foi observado um ponto de simetria de luminância igual a 150, o qual separa bem a região de sinal e ruído.

Com base no ponto de simetria, posso estabelecer uma razão entre a área do histograma que se encontra abaixo do ponto de simetria e acima deste. Chamei essa razão de Razão de Assimetria, uma vez que busco verificar pixels que sejam de sinal e pixels que sejam ruído.

$$RA = (\text{ÁreaMaiorTh} - \text{ÁreaMenorTh}) / (\text{ÁreaMaiorTh} + \text{ÁreaMenorTh})$$

onde ÁreaMaiorTh é a área do histograma na região acima do patamar, ÁreaMenorTh é a área do histograma na região abaixo do patamar e RA é a razão de assimetria.

Quando $RA=1$ significa que a área menor que o ponto de simetria é zero, portanto o pixel é de sinal. Quando $RA=-1$ significa que a área acima do ponto de simetria é zero e portanto o pixel é de ruído. Quando $RA=0$ ou próximo de zero, significa que há ocorrências tanto de sinal quanto de ruído um número simétrico de vezes. Neste caso há uma incerteza quanto esse pixel ser sinal ou ruído.

6. Quantas imagens são necessárias para saber se um determinado pixel pertence ao fundo ou ao objeto na imagem e acabar com a simetria?

O gráfico da razão de assimetria foi calculado para todos os algarismos e letras, as Figuras 6 e 7 apresentam dois exemplos, uma para o algarismo 0 e outro para a letra E.

Razão de assimetria do algarismo 0

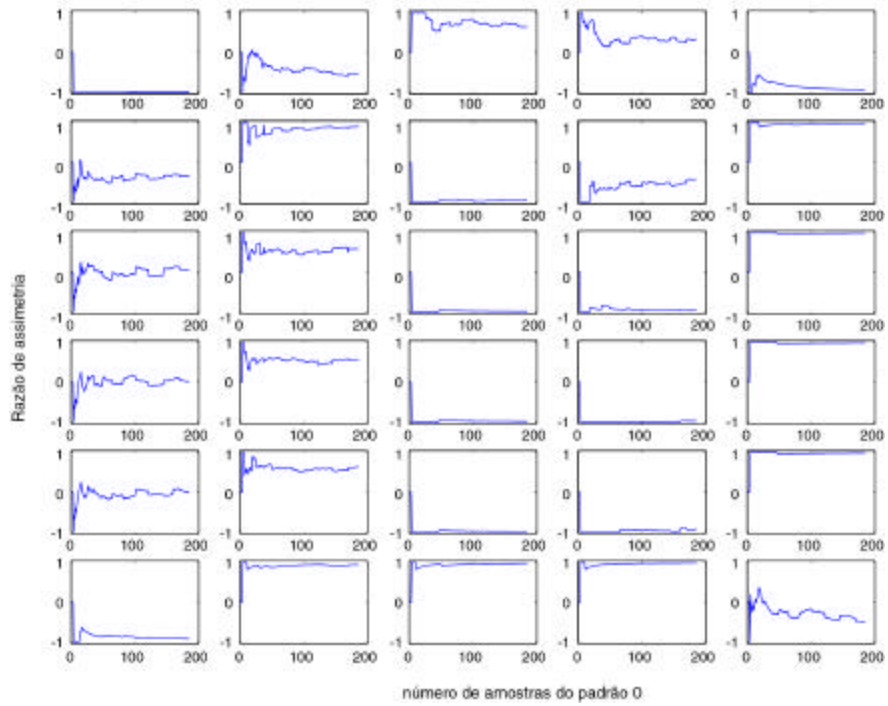


Figura 6 – Razão de assimetria para o algarismo 0

Razão de assimetria da letra E

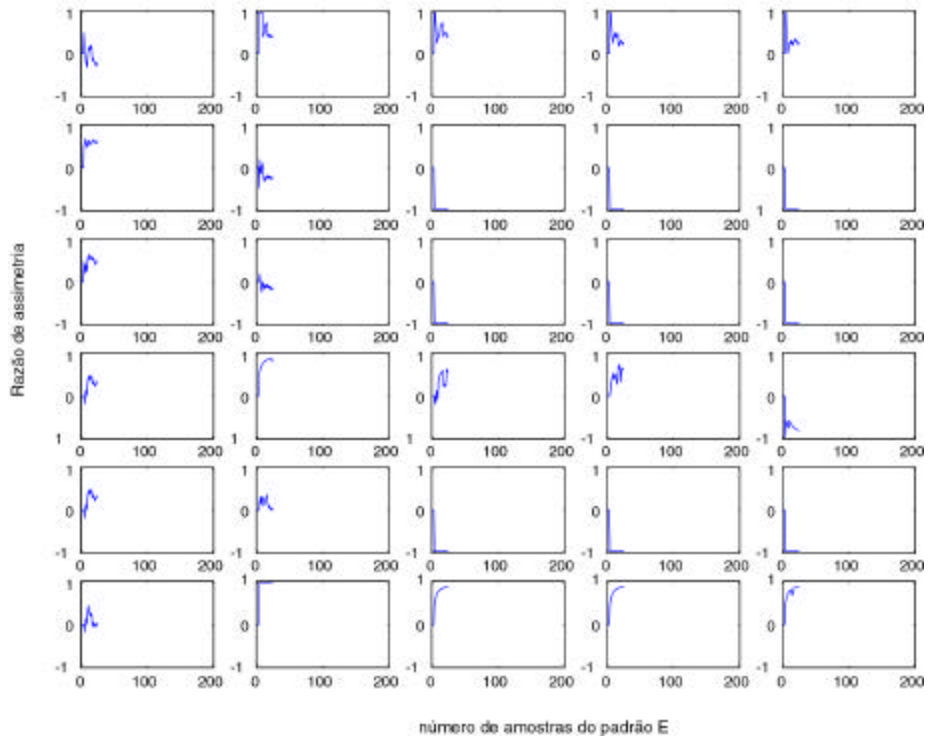


Figura 7 – Razão de assimetria para a letra E.

Notamos que para a Letra E não conseguimos observar uma estabilização da razão de simetria para nenhum pixel, diferente do que ocorre para o algarismo 0. Analisando o desvio padrão normalizado com N-1 amostras do conjunto, observo que todos os pixels do algarismo 0 estabilizam enquanto que para a letra E isto não ocorre.

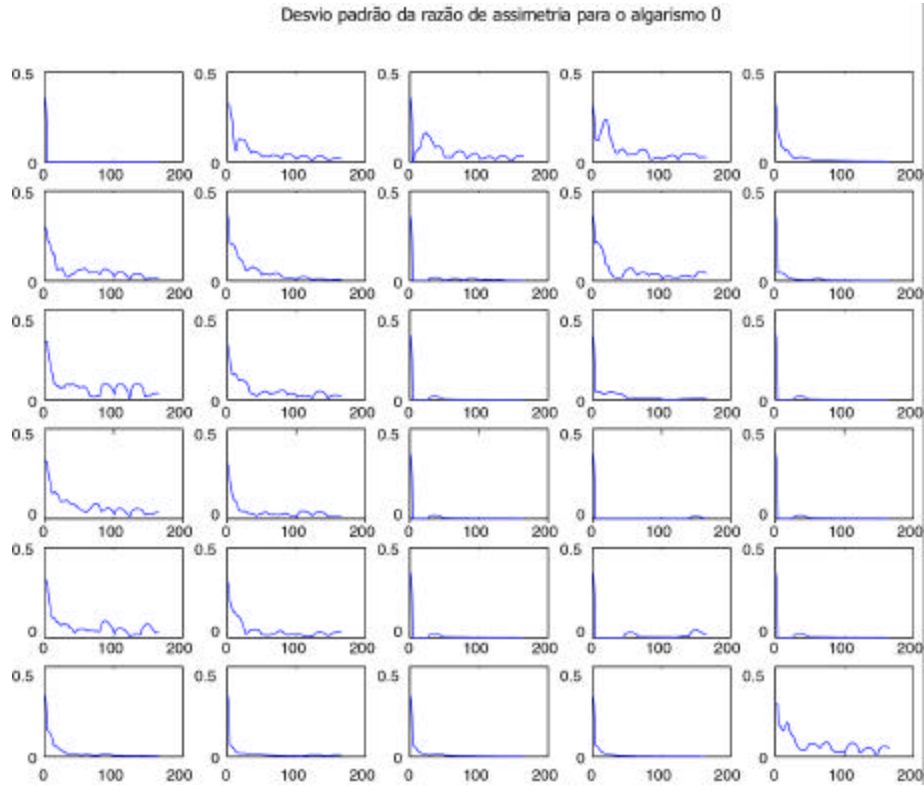


Figura 8 – Desvio padrão da razão de assimetria para o algarismo 0.



Figura 9 – Desvio padrão da razão de assimetria para a letra E.

A média destes desvios padrão para todos os pixels indica se houve uma estabilização do padrão. A Tabela 2 apresenta a média destes desvios padrão da razão de simetria para todos os algarismos e letras.

Padrão	Média	Padrão	Média	Padrão	Média	Padrão	Média
0	0.031643	A	0.043009	K	0.062248	U	0.155096
1	0.018264	B	0.053524	L	0.018778	V	0.094801
2	0.025995	C	0.038616	M	0.108700	W	0.224352
3	0.027035	D	0.163842	N	0.082122	X	0.090277
4	0.027102	E	0.187180	O	0.168043	Y	0.178307
5	0.035658	F	0.162692	P	0.168043	Z	0.427504
6	0.035044	G	0.089039	Q	0.169492		
7	0.033693	H	0.120240	R	0.141805		
8	0.032239	I	0.118086	S	0.208074		
9	0.031901	J	0.052240	T	0.114206		

Tabela 2 – Média da razão de assimetria para todas as letras e algarismos.

Observamos na Tabela 2 que todos os algarismos possuem desvio padrão pequeno, significando que as amostras são suficientes para a representação estatística destes. O desvio padrão para as letras alto para vários padrões, como as letras D, E, F, H, M, O, P, Q, R, S, T, U, W, Y e Z. Significando que todas essas letras precisam de mais amostras para estar estatisticamente bem representadas.

7. Conclusão

O objetivo deste trabalho foi alcançado. Verificamos que temos uma boa representação estatística para todos os algarismos, e para as letras encontramos vários padrões que necessitam de mais amostras para uma representação estatística satisfatória.

Estabelecer a quantidade de amostras necessárias através da extrapolação do *fitting* do desvio padrão da razão de assimetria não funciona corretamente, pois verifico valores diferentes dos verdadeiros. Desta forma, posso provar que uma amostra não está corretamente representada, mas não consigo estimar um número suficiente de amostras para a generalização.

Através deste estudo tenho a possibilidade de simular imagens de todos os padrões, uma vez que sei a distribuição estatística do ruído e do sinal, bem como a posição de cada um deles nas imagens dos padrões.