



TAS DAS I JORNADAS LUSÓFONAS DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Editores

José Gomes dos Santos

Cidália Fonte

Rui Ferreira de Figueiredo

Alberto Cardoso

Gil Gonçalves

José Paulo Almeida

Sara Baptista



IMPRESA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA
2015

ARTIGO 41

IDENTIFICAÇÃO AUTÓNOMA DE SINAIS DE TRANSITO NUM SISTEMA DE MAPEAMENTO MÓVEL

MADEIRA, Sérgio^{1,4}; RIBEIRO, Claudionor³; SOUSA, António¹ & GONÇALVES, José Alberto²

¹ INESC/TEC e Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. smadeira@utad.pt, amrs@utad.pt

² Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Dep. Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território. jagoncal@fc.up.pt

³ Campus Monte Carmelo, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Av. Goiás 2000, 38500-000, Minas Gerais, Brasil - crs@ig.ufu.braudionor

⁴ CICGE - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

RESUMO

Sistema de Mapeamento Móvel (SMM) é uma tecnologia relativamente nova que tem sido apresentada e discutida em eventos relacionados às geociências. Esse sistema é formado por um conjunto de equipamentos (veículo, suporte câmera, etc.) e ferramentas tecnológicas (câmeras de vídeos, IMU, recetor GNSS, etc.) que permitem a associação rigorosa de posição e atitude em cada imagem/frame digital. Essas particularidades permitem a execução de tarefas como a identificação de objetos presentes nas frames/imagens em escalas e ângulos diferentes, bem como definir o posicionamento de tais alvos. Nesse estudo foram utilizados dados de um SMM para identificar e cadastrar sinais de trânsito de forma autónoma. O método proposto tem por base técnicas de segmentação, de classificação de forma e de correlação cruzada no espaço de cor RGB. Com essa proposta, os pontos centrais dos sinais de trânsito são detetados e associados a um atributo com o seu respetivo nome. Os resultados mostraram a efetividade de 87% com os dados SMM, apresentando um alto índice de identificação de sinais de trânsito.

PALAVRAS-CHAVE

Sistema de mapeamento móvel, Detecção automática, Sinal de trânsito, Correlação cruzada, Segmentação RGB.

AUTONOMOUS IDENTIFICATION OF TRAFFIC SIGNS IN A MOBILE MAPPING SYSTEM

ABSTRACT

Mobile Mapping System (MMS) is a relatively new technology that has been presented and discussed in events related to geosciences. This system consists of a set of equipment (vehicle, camera support, etc.) and technological tools (video cameras, IMU, GNSS receiver, etc.) that allow the strict association of position and attitude in each digital picture/frame. These characteristics allow the execution of tasks as identifying objects present in frames/images in different scales and angles, and to define the positioning of such targets. Data from a MMS was used for detecting and identifying traffic signs autonomously in this study. The proposed method is based on RGB color space segmentation techniques, classification of form and cross correlation. With this proposal, the central points of traffic signs are detected and associated with an attribute with its name. The results showed the effectiveness of 87% with the MMS data, showing a high rate of identification of traffic signs.

KEYWORDS

Mobile mapping system, Automatic detection, Traffic sign, Cross-correlation, RGB segmentation.

1. INTRODUÇÃO

Os SMM terrestres possibilitam a obtenção de informações de objetos/fenômenos de forma rápida e eficiente. Uma forma de obter essas informações é por meio de vídeos, que são gerados pela sequência de frames adquiridas com o deslocamento da plataforma (câmera/GPS/IMU). Um arranjo com duas câmeras, estrategicamente montadas na plataforma, somado às informações GPS/IMU e aplicações de modelos matemáticos fotogramétricos, torna possível determinar a localização/posicionamento de um objeto/fenômeno específico, como árvores, casas ou sinais de trânsito (HE & ORVETS, 2000; MADEIRA *et al.*, 2012).

São poucos os países que têm uma informação completa e atualizada acerca dos sinais de trânsito distribuídos em suas rodovias. Tradicionalmente essa tarefa é feita por observação *in-loco*. Para minimizar esforços, muitos trabalhos têm-se focado na automatização do processo. A bibliografia sobre este assunto é vasta, referenciaremos alguns trabalhos a título de exemplo, mas muitos outros poderiam ser indicados.

A informação digital obtida a partir da automatização permite uma avaliação de posicionamento, qualidade e atualização do sinal existente, tornando possível o cadastro dos sinais de trânsito, o que pode facilitar a execução de várias tarefas públicas e privadas, tais como o reparo e atualização tal como proposto por Creusen *et al.* (2012) e Cavegn e Nebiker (2012).

Nas imagens coloridas, a deteção de sinais de trânsito é comumente feita usando o espaço de cor RGB principalmente por não requerer qualquer transformação. Contudo, como o sistema de cor RGB é sensível à iluminação, outros métodos, usam diferentes sistemas de cor, como o HSV (*Hue, Saturation, Value*), por exemplo em Brkic *et al.* (2009) ou em Madeira *et al.*, (2005). Os sinais de trânsito são criados com cores de fundo padrão. As cores mais usuais no mundo inteiro são o vermelho, azul e amarelo (Figura 1). Em alguns países, essas cores transmitem um significado além do sinal inscrito, tais como obrigatoriedade (vermelho), advertência (amarelo) e informação (azul). Com base nesse padrão, a maioria dos métodos propostos busca, no espaço imagem, a localização de objetos que possuem uma dessas cores.



Figura 1 - Exemplos de sinais de trânsito usados em diferentes países

Embora eficientes em muitos casos, os métodos de deteção de sinais de trânsito baseados apenas na informação de cor são sensíveis às condições meteorológicas, efeito de iluminação e escala dos objetos nas imagens. Essa particularidade mostra os desafios encontrados no processo

de localização e extração de uma região de interesse, como os sinais de trânsito (HATZIDIMOS, 2004).

A forma é outro parâmetro utilizado individualmente, ou como informação adicional à cor, no processo de deteção de sinal de trânsito. As formas mais usadas neste tipo de sinal são o círculo, losango, retângulo/quadrado e triângulo (Figura 1). Os métodos que fazem uso da integração desses parâmetros buscam localizar o objeto usando cor e, posteriormente, analisam a sua forma, comparando com os padrões existentes; o caminho contrário também é realizado, localizando o objeto primeiramente pela forma e, em seguida, pela sua cor, como por exemplo em Gao *et al.*, (2006).

A tarefa de reconhecimento consiste em decidir se um determinado candidato é de facto um sinal de trânsito e identificá-lo. Esta classificação pode ser obtida utilizando técnicas de *template matching* como é o caso da correlação (PICCOLI *et al.*, 1996), redes neuronais (KIM *et al.*, 2006) ou *Support Vector Machines* (SVMs) (MALDONADO-BASCÓN *et al.*, 2007) robustas a variadas condições de iluminação.

No presente estudo é apresentado um método para auxiliar o cadastro de sinalização com recurso a imagens obtidas por um SMM, no sentido em que esse processo passa a ser semi-autónomo. O algoritmo tem por base um processo de segmentação baseado na colorimetria RGB, num classificador de forma e na correlação cruzada para o reconhecimento. O método proposto irá auxiliar um operador na elaboração do cadastro dos sinais de trânsito da via percorrida tornando a operação mais eficiente.

2. METODOLOGIA UTILIZADA

A proposta deste estudo é um complemento ao trabalho realizado por Madeira *et al.* (2007), no qual se implementou um Sistema Móvel de Levantamento. O método proposto busca identificar e detetar autonomamente os sinais de trânsito, registrando seus atributos como coordenadas de centro e tipo/significado operando em tempo real durante o visionamento do vídeo. A recolha de imagens para este efeito deve atender a pressupostos específicos, os quais estão descritos abaixo. Outra questão

importante a resolver é procurar que o processo não se torne pesado e moroso, dado que inevitavelmente terão de se utilizar processos intensivos que operam pixel a pixel. Uma forma de melhorar esta situação é diminuir o espaço de procura na imagem. Este processo deve ser ainda levado mais longe, procurando delimitar na porção analisada regiões específicas às quais se atribua alguma probabilidade de existência de um sinal de trânsito. Tendo em vista estes pressupostos foi implementado no presente trabalho uma sequência de passos cujo objetivo é a identificação de sinais de trânsito capturados num levantamento vídeo o mais eficientemente possível e ao menor custo computacional possível. Assim, o método proposto está compreendido em quatro fases: **a)** definição do espaço de busca, **b)** delimitação de regiões candidatas através de segmentação no espaço de cor RGB, **c)** classificação da forma dos objetos delimitados e **d)** identificação final da sinalização usando correlação cruzada com os *templates* existentes em nossa base de dados.

2.1. Processo de Coleta das Frames

A recolha de dados para análise de sinalização requer o uso de material adequado bem como operar em condições propícias. Relativamente ao material falamos do sistema de aquisição de imagem que deve ser de CCD progressivo e permitir a aquisição de várias frames por segundo sem interrupção. Dada a relativamente pequena dimensão dos objetos de interesse, neste caso os sinais de trânsito, é desejável que a geometria da imagem adquirida favoreça a resolução dos objetos levantados. No caso presente isso conseguiu-se através da utilização de uma lente com distância focal maior que o habitual neste tipo de câmaras. As características do sistema de aquisição de imagens estão apresentadas na Tabela 1:

Relativamente às condições do levantamento, este deve ser efetuado em boas condições de luminosidade. A situação de dia claro, nublado e sem chuva é a preferível dada a ocorrência de uma luminosidade uniforme, em dia de Sol deve evitar-se a situação de Sol baixo dado que tal favorece a sobre ou sub-exposição dos objetos o que reduz o período adequado de levantamento até às 14h no Inverno e até às 17h no Verão. Deve ainda ajustar-se o ângulo da câmara cujas imagens vão ser usadas

para o processamento dos sinais. A Figura 2 mostra um par de frames obtido em levantamento de campo.

Tabela 1 - Características do sistema de aquisição de imagem

Câmara	Sensor: Sony – ICX-415AQ
	Dimensões do sensor: ½" (6,4x4,8mm)
	Dimensões do pixel: 8,3x8,3 μm
	Nº de pixels máximo: 782x582 (modo standard 640x480)
Lente:	Distância focal: 12 mm
	Ângulo de visão: 28,3° (H), 21,1° (V), 35,0° (D).
	Abertura: 1.4 – C.

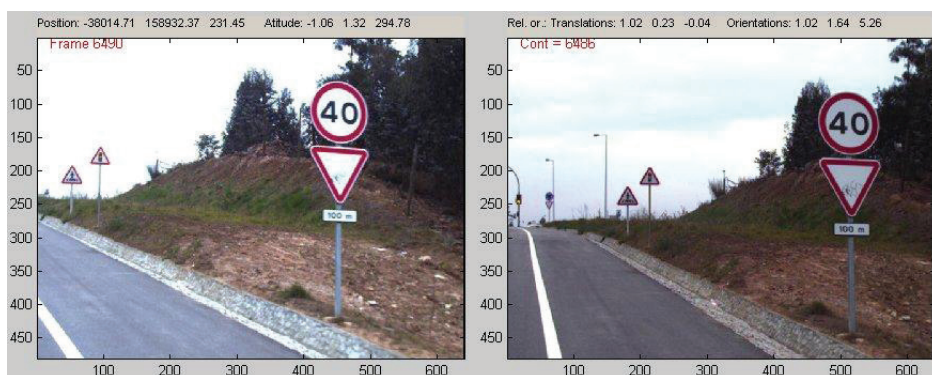


Figura 2 - Par estereoscópico de frames

A coleta sequencial de imagens/frames faz com que um mesmo objeto, como um sinal de trânsito, apareça em muitas frames consecutivas distintas, tendo escala diferente em cada uma delas. Este fenómeno pode ainda ser percebido na Figura 2. É possível neste caso, estabelecer um limite mínimo para uma região candidata a conter um sinal de trânsito, sendo o efeito prático desse procedimento rejeitar a análise do objeto se este se encontrar demasiado longe, melhorando assim a rapidez e eficiência do processo.

2.2. Procura automática de sinalização

2.2.1. Espaço de busca

Tendo em vista a redução do tempo de processamento, uma vez que

a resposta obtida deve ser inserida em um vídeo, no local em que o sinal foi detetado, apenas a imagem/frame da direita é utilizada e nesta apenas a metade direita (Figura 3).

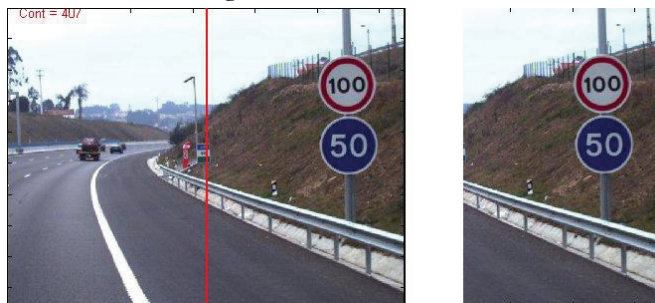


Figura 3 - Frame da direita original e espaço de busca (à direita)

Esse recorte se justifica pelo fato de que os sinais de trânsito que interessam ao condutor estão normalmente à sua direita, na margem da estrada. Com o deslocamento do SMM, esses objetos vão-se deslocando cada vez mais para esse sector da imagem.

2.2.2. Segmentação em espaço de cor RGB

Os sinais de trânsito existem sobretudo nas cores vermelha e azul, além do mais os tons usados são o mais puros possível pelo que quando o sinal se apresenta, por exemplo, vermelho, a tendência é apresentar intensidade apenas na cor vermelha. Na prática isto nunca sucede exatamente pelo que as outras cores principais existirão sempre em alguma medida. De qualquer forma estes vermelhos e azuis raramente existem na natureza e quando se encontram em ambiente de rodovia estão normalmente associadas a sinais de trânsito. O trabalho proposto é uma primeira abordagem dos autores a este tema, tendo-se decidido operar só com sinais vermelhos ou azuis. Como primeiro passo do processo, efetua-se a procura na imagem de regiões que se considerem azuis ou vermelhas. Usa-se um processo de subtração de intensidade, descrito de seguida.

Dada a decomposição de uma imagem nas componentes R, G, e B, se um objeto é percebido pelo olho humano como vermelho, por exemplo, então ele tem um valor elevado na componente R, sendo que as outras componentes apresentam valores inferiores mas semelhantes

entre si. Se um objeto não é vermelho acontece o contrário, isto é, a componente vermelha não se superioriza isoladamente às outras cores. As mesmas considerações são válidas, em termos relativos, se considerarmos a cor azul. Tendo em vista uma otimização do processo computacional nesta fase optou-se pela seguinte estratégia, à qual se chamou "Intensificação" de objetos vermelhos ou azuis:

Intensificação de objetos vermelhos: Para cada pixel: Se $R < B \implies G = 255$ (1)

$$IR = R - G$$

Intensificação de objetos azuis: Para cada pixel: Se $B < R \implies G = 255$ (2)

$$IB = B - G$$

Em que IR e IB são as matrizes de intensificação dos vermelhos e azuis respetivamente. Na operação de subtração de matrizes acima, dado tratar-se de matrizes positivas de 8 bits, os valores das matrizes resultantes estarão sempre no intervalo [0, 255]. Assim todos os pixéis em que a componente R, no 1º caso e B, no 2º, não sejam mais elevadas que as outras componentes, ficam igualados a zero na imagem resultante. Resolveu-se ainda inserir uma etapa prévia que consiste em eliminar (ou igualar a zero) os pixéis considerados brancos ou demasiado claros, diminuindo assim possível ruído introduzido pela parte interior dos sinais, o céu etc.

Desta forma obtêm-se as imagens de intensidades IR e IB em que os pixéis correspondentes a pixéis vermelhos ou azuis aparecem evidenciados. A Figura 4 mostra o resultado desta operação para o caso da imagem apresentada na Figura 3.



Figura 4 - Imagens resultantes do processo de intensificação de objetos vermelhos caso (a), e azuis - caso (b)

A etapa seguinte neste passo é a transformação de cada imagem de intensidades em imagem binária, através da escolha adequada de

uma intensidade de corte (descrita normalmente na literatura como *thresholding*). Isso é feito através da análise do histograma dado que este, no caso da existência de um número considerável de pixéis da cor procurada, é geralmente bi-modal. Mais concretamente o algoritmo desenvolvido começa por suavizar o histograma através da sua generalização, evidenciando-se assim mais facilmente as suas modas (picos). A Figura 5 mostra esta situação.

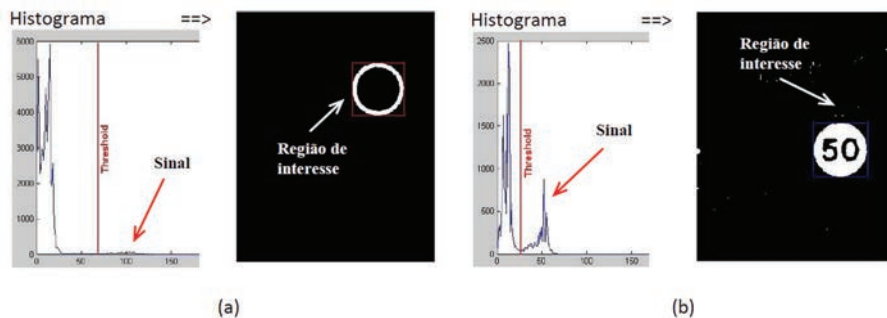


Figura 5 - Histograma da imagem em 4 (a) e imagem binária resultante - caso (a), e Histograma da imagem em 4 (b) e imagem binária resultante - caso (b)

Seguidamente opera-se sobre a imagem binária de forma a criarem-se regiões de interesse. A técnica de agrupamento usada considera apenas conexões de ordem 4, isto é, apenas horizontais e verticais.

A classificação das regiões assim delimitadas considera as características: *área*, *centróide* e *caixa delimitadora*. Estas características vão então permitir identificar e validar ou não cada uma das regiões como tendo possibilidade de conter um objeto de interesse, isto é, um sinal de trânsito de cor azul ou vermelha. As regiões candidatas a conterem um sinal de trânsito azul ou vermelho são determinadas com base no tamanho e forma da caixa delimitadora de cada região, isto é, regiões cujo tamanho seja insuficiente para poderem pertencer a um sinal de trânsito relativamente próximo ou cuja caixa delimitadora se afaste da forma quadrada são rejeitadas. A Figura 5 contém também as regiões de interesse consideradas após a análise da imagem na Figura 3 (b).

O processo de segmentação através da decomposição RGB descrito nas secções 2.2.1 e 2.2.2 está resumido na Figura 6.

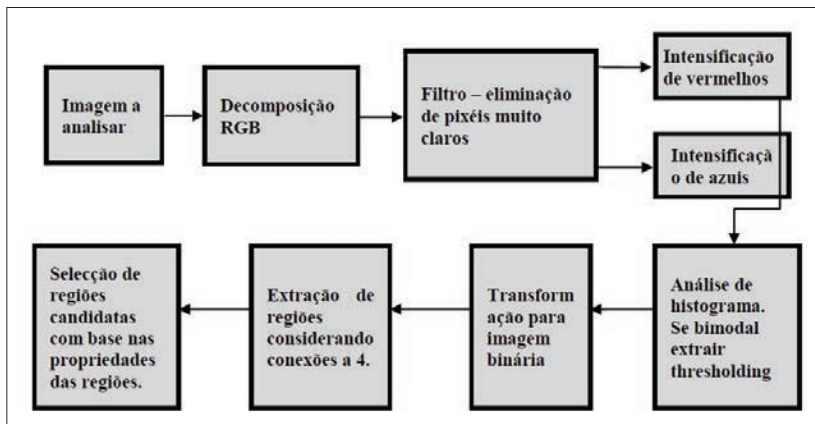


Figura 6 - Fluxograma da segmentação RGB

2.2.3. Classificador de forma

Após a delimitação de regiões candidatas o próximo passo é identificar uma forma conhecida para os sinais de trânsito. Esta poderá ser *quadrada*, *triangular*, *triangular invertida* ou *circular*, obtendo-se assim uma redução considerável dos sinais de trânsito a procurar em cada região de interesse. Por exemplo, se a forma for triangular invertida só há uma possibilidade: sinal de estrada com prioridade.

O classificador é um vetor de 4 elementos que contém as distâncias desde os 4 cantos da caixa delimitadora da região candidata até ao possível objeto - observe-se a Figura 7 para melhor entender este aspeto. Este classificador foi escolhido porque, sendo simples, permite parametrizar com segurança, todas as formas em causa (triangular, quadrada, circular)

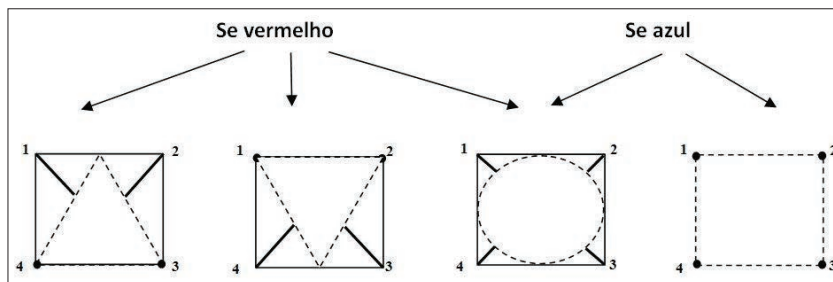


Figura 7 - Parâmetros usados na classificação de forma. Estes são as linhas/pontos a cheio

Considera-se a parametrização constante da Tabela 2, assumindo que cada forma está inserida num quadrado de lado L (repare-se que nesta parametrização um sinal octogonal será incluído na categoria dos circulares):

Tabela 2 - Parametrização das formas admitidas
 (L é o lado do quadrado em que se insere a forma)

Triangular	Triangular invertido	Circular	Quadrado
$(\frac{\sqrt{2}}{3}L, \frac{\sqrt{2}}{3}L, 0,0)$,	$(0,0, \frac{\sqrt{2}}{3}L, \frac{\sqrt{2}}{3}L)$,	$(\frac{\sqrt{2}-1}{2}L, \frac{\sqrt{2}-1}{2}L, \frac{\sqrt{2}-1}{2}L, \frac{\sqrt{2}-1}{2}L)$,	$(0,0,0,0)$

Cada forma será aceite tendo em conta a sua aproximação à parametrização. Após o treino deste algoritmo verificou-se que basta verificar se pelo menos três elementos do vetor estão de acordo com a parametrização a menos de 10%. Isto permite validar corretamente uma forma mesmo quando há algum ruído na parte exterior ao sinal.

2.2.4. Correlação Cruzada Normalizada (CCN)

Cada região delimitada no processo anterior será inspecionada para aferir a semelhança com os *templates* tipo existentes na base de dados sendo usada como medida a correlação cruzada. Os sinais de trânsitos criados para referência tiveram por base aqueles usados em Portugal.

2.2.4.1. Cálculo da CCN

Em processamento de imagem a correlação cruzada é uma medida de similaridade entre duas imagens, geralmente uma imagem maior (original) e outra menor (*template*). É também conhecida como produto interno deslizante, por apresentar a correlação local da menor imagem “deslizada/deslocada pixel-a-pixel” sobre a maior. A correlação cruzada pode ser computada para os casos contínuo e discreto. Devido à particularidade das imagens digitais, o modelo discreto deve ser utilizado. Da correlação cruzada resulta uma imagem de coeficientes de correlação (ver a Figura 8), na qual os valores altos significam similaridade entre a

região local da imagem e o *template*. Para evitar altos valores é realizada uma normalização nos coeficientes. Um modelo robusto é proposto por GONZALES and WOODS (1992) (Equação 3), que elimina a média local da imagem e do *template*, antes de processar a correlação.

$$r(u, v) = \frac{\sum_{x,y}[I(x,y) - \bar{I}(u,v)] \cdot [T(x-u, y-v) - \bar{T}]}{\sqrt{\sum_{x,y}[I(x,y) - \bar{I}(u,v)]^2 \cdot \sum_{x,y}[T(x-u, y-v) - \bar{T}]^2}} \quad (3)$$

onde r é o coeficiente de correlação cruzada normalizada na posição (u,v) ; \bar{T} é a média do *template* T ; e I é a imagem original; e \bar{I} é a média de uma janela de I que se encontra sobreposta por T .

Para ilustrar a aplicação da Equação 1, seja a imagem/matriz I mostrada na Figura 8(a) e o *template*/matriz T da Figura 8(b), os valores dos coeficientes correspondentes à varredura de T em I estão apresentados na imagem/matriz da Figura 8(c). O coeficiente calculado com o primeiro *template* totalmente imerso na imagem original (Figura 8(a)) pode ser visto em destaque na Figura 8(c), com valor 0,47. Como mencionado anteriormente, as bordas da imagem de coeficientes (região em cinza na Figura 8(c)) devem ser desprezadas. O ponto de máximo (0,92), região mais escura (vermelha) na Figura 8(c), é o ponto de maior similaridade entre a imagem e o *template*.

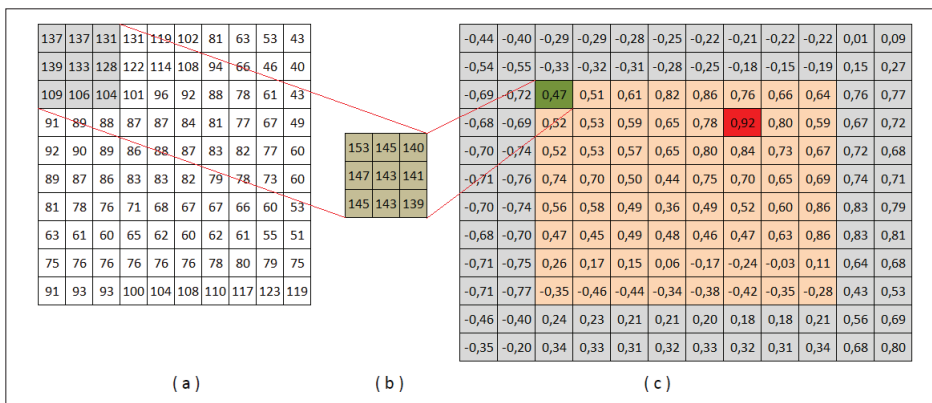


Figura 8 - Correlação cruzada normalizada.
 (a) imagem original, (b) template e (c) matriz resultado

Nesse estudo, o *template* é um sinal de trânsito. Após cálculo de correlação cruzada normalizada, se o valor de máximo é superior a um limiar (obtido por treino do algoritmo), as coordenadas desse ponto de máximo são atribuídas ao sinal como sua identificação.

2.2.4.2. Sinais de trânsito de referência e templates tipo

Foram criados 27 modelos de sinais vermelhos e 11 de sinais azuis, todos eles recortados pelos limites de cada sinal e normalizados a 64x64 pixéis (Figura 9).

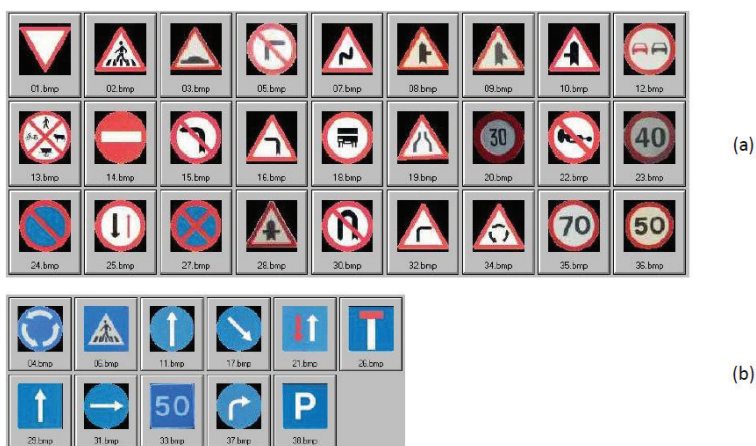


Figura 9 - Sinais de trânsito usados como referência: a) vermelhos e b) azuis

Como a entrada para medida da correlação temos a matriz principal que é a região de interesse com classificação de forma, pontos 2.2.1 e 2.2.2, normalizada para 64x64 pixéis e o *template* que é um recorte interno dos modelos de sinais de trânsito criados, ambos convertidos a matrizes binárias (Figura 10).

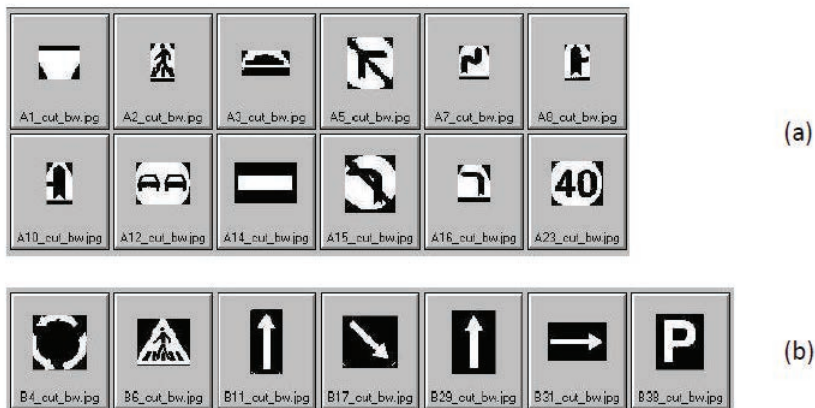


Figura 10 - Recortes binários usados como *templates* na correlação cruzada:
(a) correspondentes a sinais vermelhos e (b) correspondentes a sinais azuis

O processo de conversão a imagem binária justifica-se com a necessidade de normalização das intensidades das duas imagens em comparação, aliado ao facto de o grafismo interior dos sinais ser sempre um desenho preto sobre fundo branco, caso dos sinais vermelhos, ou um desenho branco sobre fundo mais escuro, caso dos sinais azuis. Para esta conversão usa-se um processo otimizado de determinação da intensidade de corte que garante a correta definição do padrão a comparar em ambas as imagens. A utilização de um recorte interno do modelo como *template* tem vantagens evidentes: 1, evita a perturbação da imagem de fundo da região de interesse, que é exterior ao sinal, 2, geralmente os sinais de trânsito têm um grafismo interno muito adequado para este fim e 3, o uso de um *template* de tamanho reduzido tem um ganho substancial na rapidez do processo computacional. O esquema da metodologia implementada para detecção autónoma de sinalização está apresentado na Tabela 3.

informação de georreferenciação e ainda evitar detetar o mesmo sinal mais do que uma vez. Permite ainda ativar o modo manual em qualquer momento de forma a efetuar alguma correção à operação automática, garantindo-se assim a correta identificação.

3.1. Teste e resultados

Realizou-se um teste com um levantamento vídeo de cerca de meia hora, composto de 7261 frames de vídeo, o qual percorreu rodovias principais e trechos urbanos na zona de Vila Nova de Gaia. As imagens foram processadas com o algoritmo desenvolvido, estando os resultados da operação autónoma apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados da aplicação do método a um levantamento vídeo

Categoria	Sinais presentes no vídeo	Identificação correta	Não identificação	Identificação incorreta
Proibido	STOP	4	1	0
	Virar à direita	1	1	0
	Estacionar	4	0	0
	Ultrapassar	7	1	0
	Veículos não motorizados	3	1	0
	Virar à esquerda	8	0	0
	Circular a mais de 40	4	0	0
	Circular a mais de 50	3	5	0
	Circular a mais de 60	8	0	0
	Circular a mais de 80	7	1	0
	Circular a mais de 90	2	0	0
Perigo	Circular a mais de 100	3	0	0
	Estrada com prioridade	15	2	0
	Rotunda	6	2	0
	Passadeira	3	0	0
	Semáforos	6	0	0
	Entroncamento à direita	5	0	0
Obrigatório	Curva à direita	1	0	0
	Circular Rotunda	5	0	0
	Seguir em frente	6	0	0
	Seguir p/ a direita	1	0	0
Informação	Seguir a mais de 50	3	0	0
	Passadeira	12	1	0
Total		117	15	0

Taxa de identificação correta: 87%; Taxa de falsos positivos: 0%

Para este processamento os autores consideraram os seguintes aspetos, que acham adequados para este tipo de trabalho:

1. Um sinal é levantado só se estiver próximo do veículo (6m ou menos), o que se consegue na etapa de validação de regiões, por rejeição de regiões cuja caixa delimitadora tem área insuficiente na imagem (secção 2.2.2) - basta para tal conhecer a dimensão dos sinais e as características do sistema de aquisição usado. Garante-se assim que o sinal é observado em boas condições. Sinais mais distantes não se consideram pertencentes à via percorrida, mesmo que possam aparecer nas imagens.

2. O sinal é obtido nas melhores condições de observação possíveis, o que quer dizer que ele será recolhido a partir da frame em que se encontrar mais próximo. O sinal não será analisado nas outras frames em que possa aparecer. Consegue-se isto correndo o vídeo da frente para trás e rejeitando um sinal se as suas coordenadas estiverem muito próximas do sinal anterior.

3. Se o sinal está parcialmente fora da frame então não é considerado.

4. Existem dois sinais que não necessitam do passo da correlação cruzada. O sinal de estrada com prioridade, para o qual basta averiguar a forma triangular invertida, e o sinal de proibido estacionar, o qual tem a particularidade de ser azul e vermelho, bastando portanto a averiguação de cor e forma.

3.2. Problemas encontrados

Identificaram-se algumas situações que prejudicaram o desempenho do algoritmo e que se relacionam diretamente com o método desenvolvido. Apresentam-se de seguida:

1. Coloração vermelha de objetos em fundo, prejudicando a classificação da região por a caixa delimitadora se afastar bastante da forma quadrada. Uma destas situações pode ser observada na Figura 11. Nessa situação apenas o sinal de baixo foi detetado.

2. Presença de objetos com maior intensidade da cor procurada que o sinal presente na imagem (Figura 12). A presença de um objeto com maior intensidade de vermelho mascarou a correta delimitação do histograma.

3. Outras situações encontradas são usuais e bem conhecidas pelos especialistas da área, que são ocultação parcial, descoloração do sinal, sinal vandalizado, sub ou sobre- exposição.

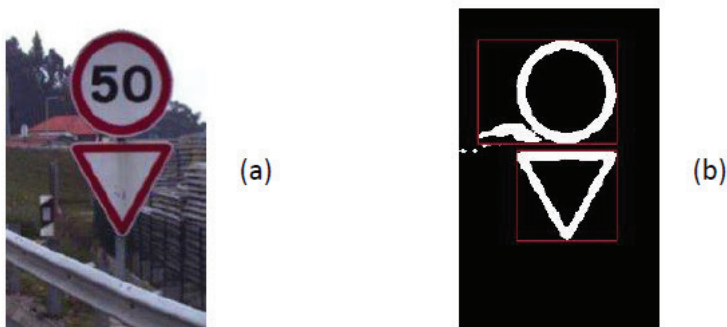


Figura 11 - Imagem original (a) e Intensificação dos vermelhos (b)

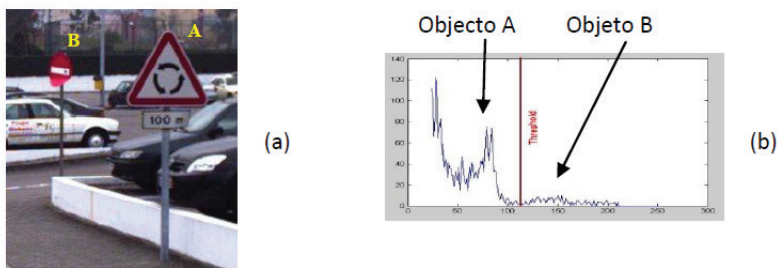


Figura 12 - Imagem original (a) e Incorreta delimitação do histograma (b)

3.3. Implementação em modo semi-autónomo

Foram referidos alguns dos problemas encontrados sendo que os aspetos 1 e 2 podem ser melhorados o que os autores se propõem fazer, aumentando assim a taxa de sucesso das identificações. Existem no entanto situações imprevistas, algumas referidas na enumeração 3 dos problemas encontrados, que fazem com que esta metodologia, ou qualquer outra apresentada até hoje, não possa garantir o pleno de identificação. Por esse motivo julgaram os autores que a melhor forma de utilização da metodologia apresentada, no sentido de se efetuar o cadastro efetivo de sinalização, será a utilização do método em modo semi-autónomo, integrando o método no software de visualização e manipulação da informação obtida por um SMM já desenvolvido. Assim foi adicionada uma ferramenta que permite a um operador visualizar a identificação

automática pelo software e passar ao modo manual sempre que detetar alguma falha, colocando ele próprio o elemento não identificado na base de dados. Este modo semi-autónomo retira do operador a parte mais fastidiosa do processo, assumindo um papel de supervisionamento e correção de possíveis falhas. Esta forma de operar torna o processo de coleta da sinalização de um vídeo pelo menos 4 vezes mais rápida do que apenas em modo manual, sendo igualmente segura.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentada uma metodologia para deteção semi-autónoma de sinalização azul e vermelha em imagens georreferenciadas obtidas a partir de um SMM. Num trabalho prévio estava já desenvolvido um software de visualização e aquisição cartográfica a partir dessa informação, no qual se implementou a presente metodologia. Como aspeto mais inovador no presente trabalho os autores apontam o método de extração de regiões coloridas o qual se baseia num processo de intensificação das cores azul e vermelha atuando sobre as bandas RGB da imagem. Este método mostrou-se bastante efetivo e adequado à presente situação.

Foi ainda desenvolvido um classificador de forma e um algoritmo de correlação cruzada em que os *templates* são recortes da parte interna de modelos normalizados de cada sinal.

As condições de recolha de imagens bem como a câmara utilizada devem atender a determinados requisitos, nomeadamente boa resolução das imagens e boas condições de luminosidade. Foi efetuado um teste com um vídeo de meia hora obtido naquelas condições, tendo o processamento automático obtido uma taxa de sucesso de 87% e 0% de falsos positivos.

Outro aspeto inovador é que o método desenvolvido pode ser operado em modo semi-autónomo, podendo um operador assumir o modo manual do software e corrigir em tempo real as falhas na identificação autónoma. Garante-se assim um método muito efetivo, pelo menos 4 vezes mais rápido que uma operação estritamente manual, e que pode fazer o pleno da identificação de sinalização.

BIBLIOGRAFIA

- BRKIC, Karla *et al.* (2009). “Traffic Sign Detection a Component of an Automated Traffic Infrastructure Inventory System”. In Proceedings of Annual Workshop of the Austrian Association for Pattern Recognition , Stainz, Austria, 2009. p.1-12. Disponível online no endereço url: <http://www.zemris.fer.hr/~ssegvic/pubs/oagm09.pdf>. (Acedido em: 25 Mar. 2014).
- CAVEGN, Stephan & NEBIKER, Stephan (2012). “Automated 3D Road Sign Mapping with Stereovision-Based Mobile Mapping Exploiting Disparity Information from Dense Stereo Matching”. In. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Proceedings: XXII ISPRS Congress. Melbourne, Australia, 2012. Vol. XXXIX-B4. Disponível online no endereço url: <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXIX-B4/61/2012/isprsarchives-XXXIX-B4-61-2012.pdf>. (Acedido em: 25 Mar. 2014)
- CREUSEN, Ivo *et al.*, (2012) - “A Semi-automatic Traffic Sign Detection, Classification, and Positioning System”. In Proceedings of Visual Information Processing and Communication III, 12 2012. Burlingame, California, EUA. Vol. 8305, p.6.
- GAO, Xiaohong (2006) - “Recognition of Traffic Signs Based on Their Colour and Shape Features Extracted Using Human Vision Models”. Journal of Visual Communication and Image Representation, Vol. 17, pp.675-685.
- GONZALES, Rafael & WOODS, Richard (1992). Digital Image Processing. Addison-Wesley. Publishing Company.
- HATZIDIMOS, John (2004). “Automatic Traffic Sign Recognition in Digital Images”. In. Proceedings of the International Conference on Theory and Applications of Mathematics and Informatics, Thessaloniki, Greece, p.174-184. Disponível online no endereço url: http://www.emis.de/journals/AUA/pdf/48_592_hatzidimos.pdf . (Acedido em: 25 Mar. 2014)
- HE, Guangping. and ORVETS, Greg (2000) “Capturing Road Network Data Using Mobile Mapping Technology”. In International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Proceedings, Vol. XXXIII, Part B2, p.272-277.
- KIM, Gi-Hong *et al.* (2006) - “Road infrastructure data acquisition using a vehicle-based mobile mapping system”. In Computer-Aided Civil and Infrastructure, Vol XIX, pp. 346-356.
- MADEIRA, Sérgio *et al.* (2005) - “Automatic Traffic Signs Inventory Using a Mobile Mapping System for GIS Applications”. In Proceedings of Gisplanet 2005, Estoril, Portugal. Disponível online no endereço url: <http://gac.di.uminho.pt/psantos/docs/Papers/GP2005.pdf>. (Acedido em: 12 Dec. 2013).
- MADEIRA, Sérgio (2007) - Sistema Móvel de Levantamento com Integração em SIG. PhD Thesis. Science Faculty, Porto University, Porto.

MADEIRA, Sérgio *et al.* (2012) - "Sensor Integration in a Low Cost Land Mobile Mapping System". *Sensors*, Vol. 12, p.2935-2953.

MALDONADO-BASCÓN, Saturnino *et al.* (2007) - "Road-Sign detection and recognition based on support vector machines." *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol 8, pp. 264-278.

PICCIOLI, Giulia *et al.* (1997) - "Robust method for road sign detection and recognition". *Image and Vision*, Vol. XIV, pp.209-223.

Série Documentos

Imprensa da Universidade de Coimbra

Coimbra University Press

2015

