

RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE ALVOS PROJETADOS POR UM SISTEMA DE LUZ ESTRUTURADA

Christiane Nogueira de Carvalho Kokubum¹
Antonio Maria Garcia Tommaselli²
Mário Luiz Lopes Reiss³

Universidade Estadual Paulista – UNESP – Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas – ¹kokubum@pos.prudente.unesp.br
²tomaseli@prudente.unesp.br
³mreiss@pos.prudente.unesp.br

RESUMO

Algumas das tarefas mais significativas em Visão Computacional e em Fotogrametria Digital à curta distância estão associadas à segmentação, ao reconhecimento de objetos na imagem e à posterior reconstrução. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia para a identificação e medição automáticas de alvos projetados, em imagens tomadas à curta-distância usando o sistema ativo denominado luz-estruturada. O método de reconstrução por luz-estruturada consiste na substituição de uma câmara por um projetor que projeta um padrão de luz conhecido na cena a ser reconstruída. A vantagem deste método em relação aos métodos passivos, como estereofotogrametria, é que o mesmo pode solucionar o problema de correspondência de feições com menor custo computacional e menos ambigüidade, além de requerer apenas uma câmara digital. Para o reconhecimento de tais padrões, será usado o método de correspondência baseado em área denominado *template matching*. Este método consiste na detecção por correlação, que mede a similaridade entre as máscaras de referência e de busca utilizando uma função de correlação adequada. Os problemas existentes neste método estão relacionados com o ruído na imagem, variações de brilho, e equívocos nos resultados devido à proximidade e similaridade entre alvos, além de distorções na imagem ocorridas no momento da projeção. Os *templates* foram gerados com o objetivo de privilegiar a existência de cantos para serem usados como pontos para a localização precisa. Como o número de *templates* projetados é um grande problema neste método, resolveu-se realizar uma segmentação prévia. Isto torna menor o custo computacional porque este procedimento evita a busca de vários *templates* por toda a imagem, procedimento que é pouco confiável, devido às várias respostas diferentes para o mesmo tipo de alvo. A partir de testes realizados, observou-se que o método de *template matching* garante bons resultados como um método de reconhecimento de localização de alvos projetados.

Palavras-chave: *Template matching*, Luz-estruturada, Reconhecimento de alvos.

AUTOMATIC RECOGNITION OF TARGETS PROJECTED BY A STRUCTURED LIGHT SYSTEM

ABSTRACT

Some of the main tasks in computer vision and close range photogrammetry are related to the processes of segmentation, objects recognition in the image and later reconstruction. The aim of this paper is to study an automatic recognition system to identify targets projected with a structured light system. Targets recognition is done by using the template matching method. This method consists in the detection of area similarity by correlation. The idea of correlation is to compare the gray level distribution of a small sub image with its homologous in the search image. In this paper, the function used is the modified cross covariance which presented the best results. The problems in this method are related to illumination differences between the two images, geometric distortions, noise, the great number of templates to be compared and determination of template size. The templates were designed having corners to be used as precise points. As one of the problems of the template matching is the great number of templates to be compared, a previous segmentation was implemented in order to avoid the search of several templates for the complete image, a procedure that is unreliable, because different targets presents similar correlation coefficients. Besides that, the computational cost of the proposed alternative should be smaller. Some tests with real data indicated that the template matching method provided suitable results.

Keywords: *Template matching, structured light, recognition of targets.*

1. INTRODUÇÃO

Um dos processos fundamentais em Fotogrametria e Visão Computacional é a identificação e medição automática de alvos em uma ou mais imagens para obtenção das coordenadas 3D. A automação deste processo permite uma maior agilidade e uma menor possibilidade de ocorrência de erros grosseiros. Alguns métodos permitem, ainda, a medição das coordenadas com precisão subpixel.

O sistema de reconhecimento descrito neste trabalho foi proposto para o reconhecimento de alvos projetados por um sistema de reconstrução com luz estruturada. Este método ativo consiste na substituição de uma câmara por um projetor que projeta um padrão de luz conhecido na cena a ser reconstruída. A vantagem deste método em relação aos métodos passivos, como a estereofotogrametria, é que o mesmo evita o problema de estereo-correspondência, além de requerer apenas uma câmara digital.

O reconhecimento de tais padrões é solucionado a partir do método de correspondência baseado em área, denominado *template matching*. Este método possui como objetivo medir a similaridade entre as máscaras de referência e de busca utilizando uma função de correlação adequada.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo classificar os alvos projetados a partir do método baseado em área denominado de *template matching*.

3. MÉTODOS

Neste trabalho foram estudados os métodos de correspondência por correlação, com algumas modificações em relação ao processo usual. Para uma melhor compreensão do trabalho, um fluxograma dos procedimentos realizados para o reconhecimento de padrões com a metodologia proposta é mostrado na Figura 1.

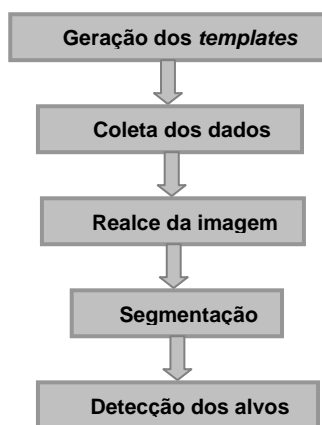


Figura 1 – Seqüência dos procedimentos para o reconhecimento de alvos projetados por um sistema de luz estruturada.

3.1. GERAÇÃO DOS TEMPLATES

Para que o sistema de reconstrução funcione adequadamente, impõe-se que cada *template* projetado seja único dentre os demais, pois cada um será definido pelos parâmetros de seu vetor diretor, imprescindível para determinar as coordenadas 3D.

Estudos anteriores trabalharam com padrões projetados com luz branca de formas circulares e padrões baseados em uma combinação de formas e cores (TOMMASELLI, 1998; SCALCO & TOMMASELLI, 2001). Apesar de as formas circulares serem de fácil medição automática, estas se mostraram inadequadas para o reconhecimento individual e determinação de oclusões. A utilização de padrões com diferentes formas e cores possibilita a identificação automática de alguns casos de oclusão, porém, as cores dos padrões projetados podem coincidir com a cor da superfície dos objetos, acarretando em perdas de alvos.

Observando-se estes problemas e com base em referências pesquisadas, chegou-se a várias possibilidades, sendo a mais adequada, a utilização de padrões de luz branca com formas diferenciadas. Entretanto, haveria a necessidade de alguma técnica para que estes padrões pudessem ser

reconhecidos unicamente em relação aos demais. Uma solução seria a utilização de um padrão com formas diferentes umas das outras. Esta solução seria impraticável, pois haveria a necessidade de muitas formas para compor todos os padrões e de um banco de dados relativamente grande para armazenar cada uma das características dos padrões predefinidos, o que traria um aumento do custo computacional para a identificação de cada padrão.

A solução mais viável foi utilizar um conjunto pequeno de formas e agrupá-las em diferentes combinações. Além disso, os *templates* foram gerados de forma a privilegiar a existências de quinas, que poderiam ser usadas como pontos com localização precisa. Os padrões escolhidos são mostrados na Figura 2.



Figura 2 - *Templates* primitivos.

Com estas cinco formas é possível classificar cada padrão dentro de cinco classes, que serão rotuladas pelas letras: (A), (B), (C), (D) e (E) (Figura 2). Como a forma do padrão representado pela letra (A) é a que possui maior facilidade para ser detectada, dentre as demais, este padrão foi assumido como pivô de uma estrutura bidimensional de vizinhança oito (Figura 3). Além disso, a geração dos padrões seguiu outras diretrizes: um padrão do tipo A não tem outro A como vizinho e, assumindo-se que uma *máscara de padrões* é formada por nove elementos em uma matriz 3x3 com um padrão (A) como pivô, não há outra máscara de padrões semelhante dentro de um raio de quatro pivôs, isto é, dentro deste raio, uma máscara só pode ser semelhante à outra em 50% dos elementos, isto é, somente a metade dos *templates* é idêntica.

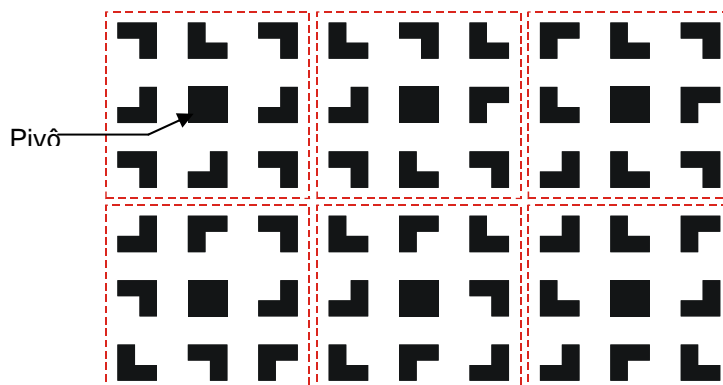


Figura 3 – Vizinhança dos padrões.

Os *templates* primitivos (Figura 2) foram combinados em matrizes, gerando-se uma malha, a partir da qual foi gerado um fotolito que foi projetado na cena, usando o sistema de luz estruturada. Este fotolito é composto de 1944 padrões (36 linhas e 54 colunas) e possui 11232 vértices que podem ser medidos com localização precisa.

3.2. COLETA DOS DADOS

A coleta de dados é realizada a partir de um sistema baseado no princípio de luz estruturada. Este sistema é composto por um sistema projetor de padrões de luz estruturada e um sensor (uma câmara digital de pequeno formato e de foco fixo) (Figura 4).

A câmara usada para a construção deste protótipo com o sistema de luz estruturada foi a KODAK DX 3500 que possui uma distância focal nominal de 38 mm, resolução máxima de 1200 x 1800 pixels e tamanho do pixel de 19,44 μm .

O projetor de padrões é composto de uma câmara digital, fotocélula, condensador interno, fotolito, bateria, lentes e espelho. O fotolito foi impresso usando um processo fotográfico e encontra-se entre duas placas de vidro plano, usadas para absorver parte do calor gerado pela lâmpada. O controlador do flash assegura a sincronização entre o instante de aquisição da imagem pela câmara e a iluminação da cena pelo projetor. Este tipo de iluminação instantânea evita o aquecimento do projetor e a deformação do padrão reproduzido no material fotográfico.

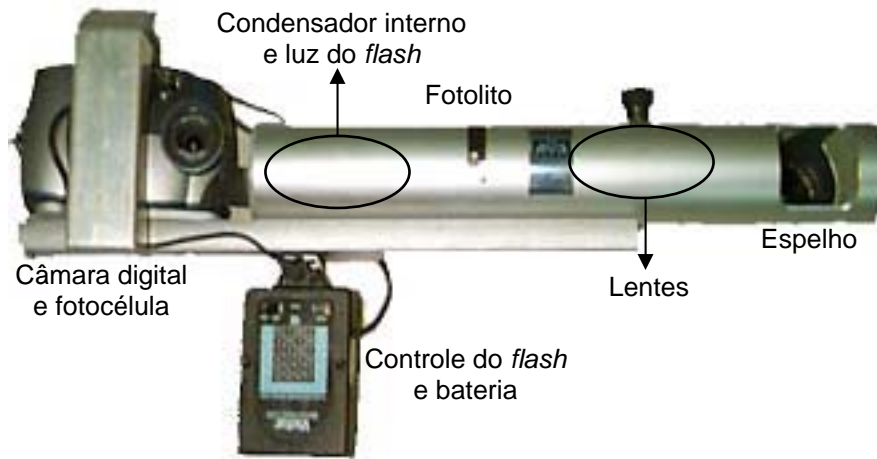


FIGURA 4 - Sistema sensor e projetor.

3.3. LIMARIZAÇÃO DA IMAGEM

Devido à lei de iluminância, a luz que atinge os cantos da imagem é atenuada por um fator de $\cos^4\theta$, onde θ é o ângulo entre o eixo óptico da câmara e o ponto em análise. Com isto a área central da imagem é mais iluminada que a periferia, gerando um efeito semelhante ao de vinhete, embora devido a causas diferentes. Para reduzir este efeito, realizou-se uma etapa prévia de limiarização, para separar o fundo do sinal gerado pelos alvos projetados.

A limiarização pode ser solucionada a partir de duas técnicas: global ou local. As técnicas globais consistem em determinar um único limiar para toda a imagem. Porém, esta técnica traz problemas causados pela variação de iluminação, como já mostrado. Uma técnica mais adequada consiste em determinar um limiar para cada região definida por uma janela. Nas seções 3.3.1 e 3.3.2 são mostrados dois tipos de limiarização global enquanto, na seção 3.3.3, mostra-se uma abordagem de limiarização local.

3.3.1. Método de Otsu

O método de Otsu é baseado na análise discriminante (SAHOO, 1988) e o valor do limiar é obtido supondo que os pixels da imagem podem ser classificados em duas classes: fundo (C_1 :níveis de cinza no intervalo $[1, t]$) e objeto (C_2 :níveis de cinza no intervalo $[t + 1, L]$). Neste caso, a distribuição de probabilidade de ambas as classes podem ser descritas por:

$$C_1 : \frac{p_1}{\omega_1(t)}, \dots, \frac{p_t}{\omega_1(t)} \quad \text{e} \quad C_2 : \frac{p_{t+1}}{\omega_2(t)}, \dots, \frac{p_L}{\omega_2(t)} \quad (1)$$

Onde:

$$\omega_1(t) = \sum_{i=1}^t p_i \quad \text{e} \quad \omega_2(t) = \sum_{i=t+1}^L p_i$$

As médias para as classes C_1 e C_2 são dadas por:

$$\mu_1 = \sum_{i=1}^t \frac{i \cdot p_i}{\omega_1(t)} \quad \text{e} \quad \mu_2 = \sum_{i=t+1}^L \frac{i \cdot p_i}{\omega_2(t)} \quad (2)$$

Sendo μ_T a intensidade média para toda a imagem, então:

$$\omega_1(t)\mu_1 + \omega_2(t)\mu_2 = \mu_T \quad (3)$$

e

$$\omega_1(t) + \omega_2(t) = 1 \quad (4)$$

Utilizando a análise discriminante, a variância entre as classes da imagem limiarizada é definida por:

$$\sigma_B^2 = \omega_1(t)(\mu_1 - \mu_2)^2 + \omega_2(t)(\mu_2 - \mu_1)^2 \quad (5)$$

O limiar ótimo t^* é determinado como sendo aquele cuja variância entre as classes σ_B^2 é máxima, isto é:

$$t^* = \arg \max \{ \sigma_B^2(t) \}, 1 \leq t \leq L \quad (6)$$

3.3.2. Método de Pun

O método de Pun está relacionado com a teoria da informação, que se baseia na premissa de que a geração de informação pode ser modelada como um processo probabilístico (GONZALES, 1993).

A partir desta teoria, define-se a entropia da imagem como (equação 7):

$$Entropia(x) = x \cdot \log(x) \quad (7)$$

Como este método divide a imagem em fundo e objeto, têm-se duas entropias, dadas pela equação 8.

$$H_b = - \sum_{i=0}^t p_i \log_e p_i \quad (8)$$

$$H_w = - \sum_{i=t+1}^{l-1} p_i \log_e p_i$$

O limiar, neste método, é obtido por:

$$T = ArgMaximo \{ H_b(t) + H_w(t) \} \quad (9)$$

3.3.3. Limiarização Local

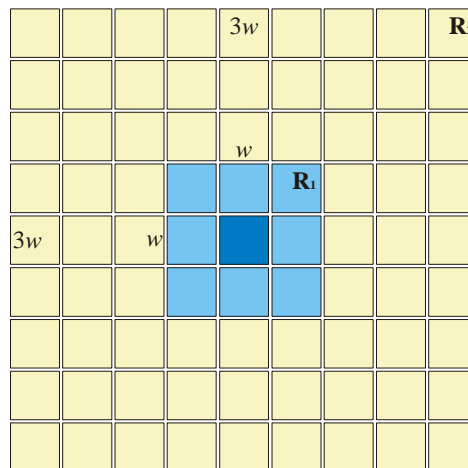


Figura 5 – Configuração da janela do limiar local.

Verificou-se experimentalmente a necessidade de definir limiares diferentes para cada parte da imagem. Inicialmente, foi considerada a hipótese de definir um valor de limiar para cada pixel da imagem (calculado a partir de uma pequena região em torno do pixel). Porém, devido ao grande volume de processamento que isto implicaria, uma nova estratégia foi desenvolvida e, resolveu-se implementar uma variante da limiarização pelo método de Otsu, com o limiar calculado a partir de uma subimagem $3w \times 3w$.

3w e aplicado em uma janela $w \times w$ (Figura 5). Maiores informações podem ser encontradas em ARTERO (1999). Isto permite uma transição suave de uma janela para outra, evitando o efeito de “ladrilho” na imagem limiarizada.

O processo desenvolvido é uma variante do método original, porque a imagem não é binarizada. Aos pixels com tom de cinza menores que o limiar atribui-se o valor 0, enquanto que aqueles que estiverem acima do limiar, mantêm o mesmo tom de cinza.

3.4. SEGMENTAÇÃO

A segmentação consiste em subdividir uma imagem em regiões homogêneas segundo propriedades escolhidas como nível de cinza, cor ou textura. Os principais objetivos, segundo EL-HAKIM (1996), são reduzir a quantidade de dados a serem processados na análise de imagens e obter importantes informações a respeito de objetos e feições na imagem.

Um dos métodos mais usados para a segmentação dos alvos na imagem é o método de crescimento de regiões. Este método consiste em agrupar pixels que apresentam regiões homogêneas, segundo critérios de similaridade. Um dos critérios que pode ser usado é a comparação da média e do desvio-padrão, para verificar se duas regiões são estatisticamente compatíveis.

A metodologia usada para a segmentação foi o método de crescimento de regiões. Esta segmentação foi realizada com as seguintes etapas:

Percorre-se toda a imagem e classificam-se os pixels em função do limiar obtido pelo método de Otsu, isto é, pixels com níveis de cinza maiores que o limiar recebem 255 e pixels com valores menores que o limiar recebem 0. Conseqüentemente, obtém-se uma imagem binária. Alvos com níveis de cinza zero são considerados como fundo e com níveis de cinza 255 são considerados alvo; Percorre-se a imagem até encontrar um pixel que pertença a algum alvo. A partir deste pixel, observa-se os pixels vizinhos (frente, abaixo e atrás);

Agrupam-se todos os pixels que possuem níveis de cinza iguais a 255, rotulando-os;

Finalizado o primeiro alvo, inicia-se novamente a busca na imagem a partir do primeiro pixel no qual se iniciou a segmentação do alvo anterior. Realiza-se este procedimento até que todos os alvos sejam rotulados.

Esta segmentação faz-se necessária para diminuir o número de máscaras a serem comparadas no método de detecção de alvos por *template matching*. Isto torna menor o custo computacional porque este procedimento evita a busca de vários *templates* por toda a imagem, procedimento que é pouco confiável, devido às várias respostas diferentes para o mesmo tipo de alvo.

3.5 TEMPLATE MATCHING

3.5 TEMPLATE MATCHING

Template matching é um método baseado em área muito utilizado no reconhecimento de padrões. Este método consiste de três etapas: detecção, localização precisa e verificação.

3.5.1. Detecção por Correlação

Segundo ANDRADE (1998), o método de correlação consiste em comparar a distribuição de níveis de cinza entre as janelas de referência e de busca usando uma função adequada e a partir do valor resultante obter a matriz que possua a maior probabilidade de ser a sua homóloga (Figura 6).

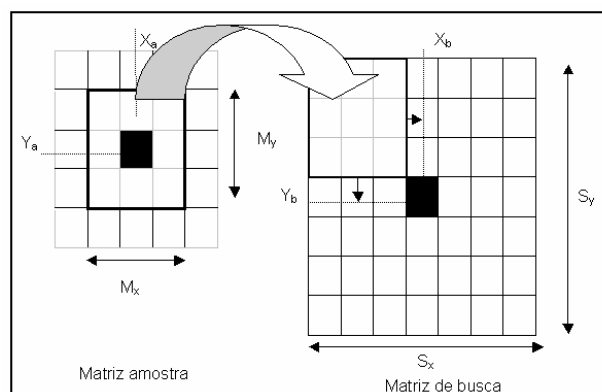


Figura 6 - Pesquisa bidimensional de imagens correlatas.
Fonte: Adaptado de ANDRADE (1998).

Neste trabalho foi usada a função variante da covariância cruzada porque foi a que proporcionou melhores resultados quando comparadas com outras funções. Esta função pode ser observada na equação 10.

$$\rho = \frac{\sigma_{rp}}{\sigma_r \sigma_p} = \frac{\sum (g_r - \bar{g}_r)(g_p - \bar{g}_p)}{\sqrt{\sum (g_r - \bar{g}_r)^2 \sum (g_p - \bar{g}_p)^2}} \quad (10)$$

Onde:

ρ - é o coeficiente de correlação e varia de -1 a 1 ;

σ_{rp} - é a covariância entre as janelas de referência e de busca;

σ_r - é o desvio-padrão da janela de referência;

σ_p - é o desvio-padrão da janela de busca;

\bar{g}_r - é a média dos valores de brilho da janela de referência;

\bar{g}_p - é a média dos valores de brilho da janela de busca.

r_x, r_y - é a dimensão da janela de referência;

i, j - é a posição do pixel;

α, β - é o deslocamento da posição do pixel na janela de busca.

Como nas áreas de Fotogrametria e de Visão Computacional, não há métodos de correlação que possam ser empregados para todas as aplicações, algumas considerações a respeito do ambiente são necessárias como: localização aproximada dos alvos; iluminação; se os alvos encontram-se parcialmente oclusos; tempo de resposta; precisão; acurácia; confiabilidade; deformação geométrica e radiométrica; e, rotação dos alvos. Para o sistema de luz estruturada, os pontos mais importantes: iluminação, oclusão dos alvos, deformação geométrica e radiométrica e rotação dos alvos.

4. EXPERIMENTOS E RESULTADOS

4.1. LIMIAZIZAÇÃO DA IMAGEM

Na Figura 7 podem ser observados os padrões gerados projetados em uma superfície cilíndrica. Apenas por questão de visualização, selecionou-se uma região de menor tamanho para observar a limiarização local realizada. Neste caso, dois métodos foram comparados: método de Otsu e método de Pun.

Como se pode perceber visualmente, ambos os métodos de limiarização conseguiram eliminar completamente os ruídos do fundo, sem prejudicar o processo de reconhecimento. Além disto, foram comparados três diferentes tamanhos de máscaras (3x3, 5x5 e 7x7). A partir de testes, observou-se que a máscara 3x3 usando o método de Otsu proporcionou melhores resultados aliados com um menor custo computacional. Conseqüentemente, pensando no custo computacional, decidiu-se usar o método de Otsu. Outra forma de comparar os métodos de limiarização é comparar as suas respectivas segmentações, isto é, se houve muita perda dos padrões e como se encontram os mesmos.

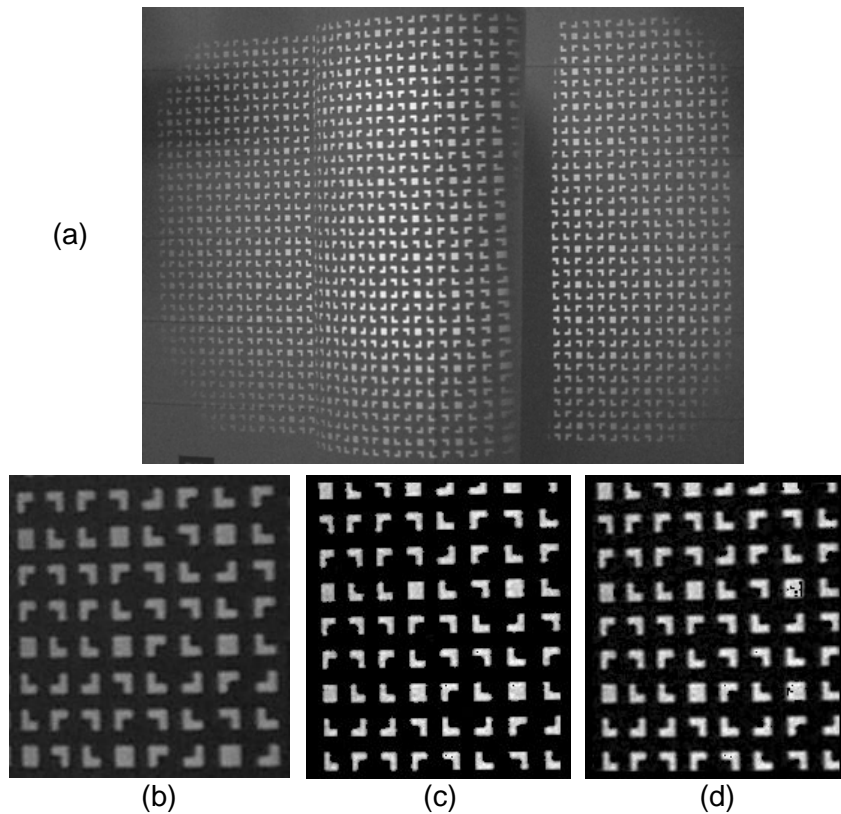


FIGURA 7 - (a) Imagem original (tomada de uma superfície cilíndrica); (b) Parte da imagem original; (c) Limiarização com Otsu local; (d) Limiarização com Pun local.

4.2. SEGMENTAÇÃO

Após o melhoramento de contraste da imagem, os alvos foram segmentados usando o método de crescimento de regiões na imagem realçada. O método implementado de crescimento de regiões gera uma imagem binária e uma lista composta pelos respectivos rótulos de cada padrão e suas posições (linha, coluna) na imagem. O resultado de uma imagem segmentada pode ser observado na Figura 8.

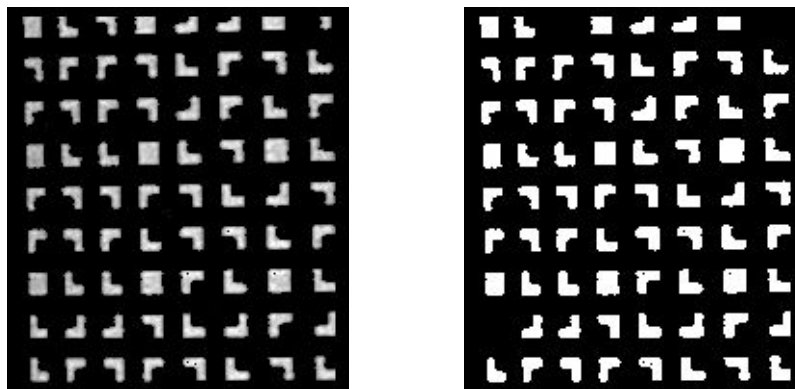


Figura 8 – (a) Imagem original; (b) Imagem segmentada.

Como pode ser observado na Figura 8b, alguns alvos não foram segmentados. Isto ocorre porque foram feitas algumas considerações a respeito do tamanho do alvo, isto é, alvos com quantidade de pixels menor que a diferença entre a média e o desvio-padrão de cada alvo não são segmentados.

4.3. DETECÇÃO POR CORRELAÇÃO

Posteriormente à segmentação, realiza-se a detecção dos alvos usando o método de *template matching*. Neste caso, foram comparadas cinco funções de correlação: correlação cruzada, covariância cruzada, erro, erro modificada e variante da covariância cruzada. A partir de testes realizados, observou-se que a função variante da covariância cruzada proporcionou melhores resultados.

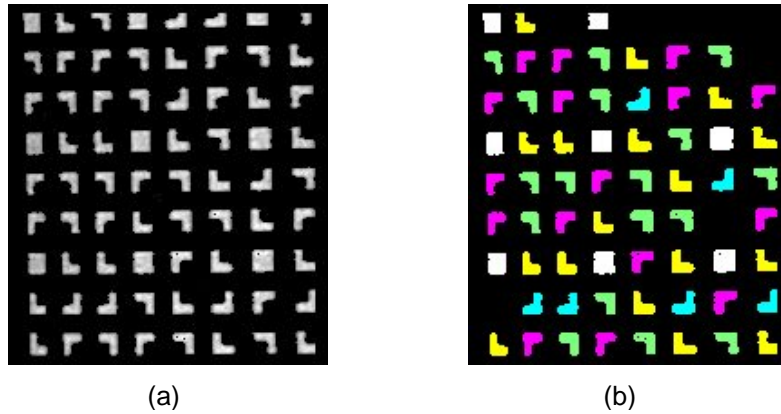


Figura 9 – (a) Imagem realçada; (b) Imagem com os alvos detectados.

Conseqüentemente, o processo de reconhecimento é realizado com a imagem realçada usando esta função de correlação. Todos os alvos segmentados na imagem são comparados com os cinco *templates* armazenados e suas instâncias geradas por modificação em relação à escala. No total são 45 *templates* armazenados. A variação de escala foi determinada a partir de observações empíricas realizadas na imagem. Os resultados deste reconhecimento podem ser observados nas Figuras 9 e 10. Na Figura 9, os alvos encontram-se sem rotação porque se concentram na parte central do cilindro, enquanto que na Figura 10, os alvos estão ligeiramente rotacionados por se concentrarem nas bordas dos cilindros.

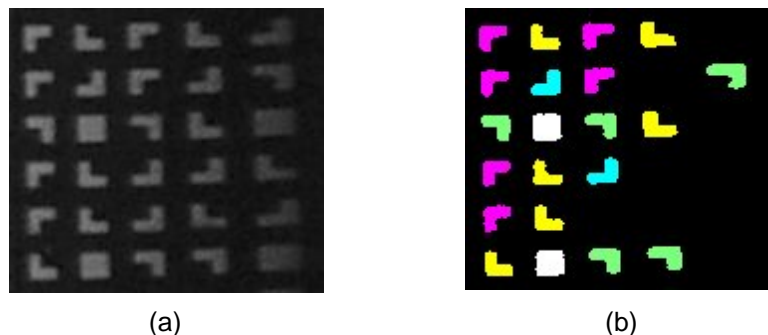


Figura 10 – (a) Imagem realçada; (b) Imagem com os alvos detectados.

Por uma questão de visualização, os alvos detectados foram pintados em cores diferentes: padrão A (branca); padrão B (amarela); padrão C (azul); padrão D (roxo) e padrão E (verde).

Neste procedimento, todos os alvos foram detectados corretamente. Os alvos que não foram detectados apresentavam-se parcialmente incompletos ou deformados pela superfície e não geraram um coeficiente de correlação maior que o pré-definido com limiar (0.8) com nenhum dos *templates* ou suas instâncias.

Outra dificuldade observada foi a detecção de alvos de escalas diferentes em x e y e com mudança na rotação (Figura 10), já que é não recomendável gerar muitos *templates* instanciados, porque isto aumentaria o custo computacional.

Vale ressaltar que este procedimento proporciona bons resultados porque é pequena a percentagem de alvos não reconhecidos (em torno de 15%). Isto garante um grande número de vértices para a localização precisa e tende a garantir uma melhor reconstrução do objeto se comparada com a reconstrução obtida apenas pelo centro de massa de cada alvo. A classificação de todos os alvos da imagem pode ser observada na Figura 11.

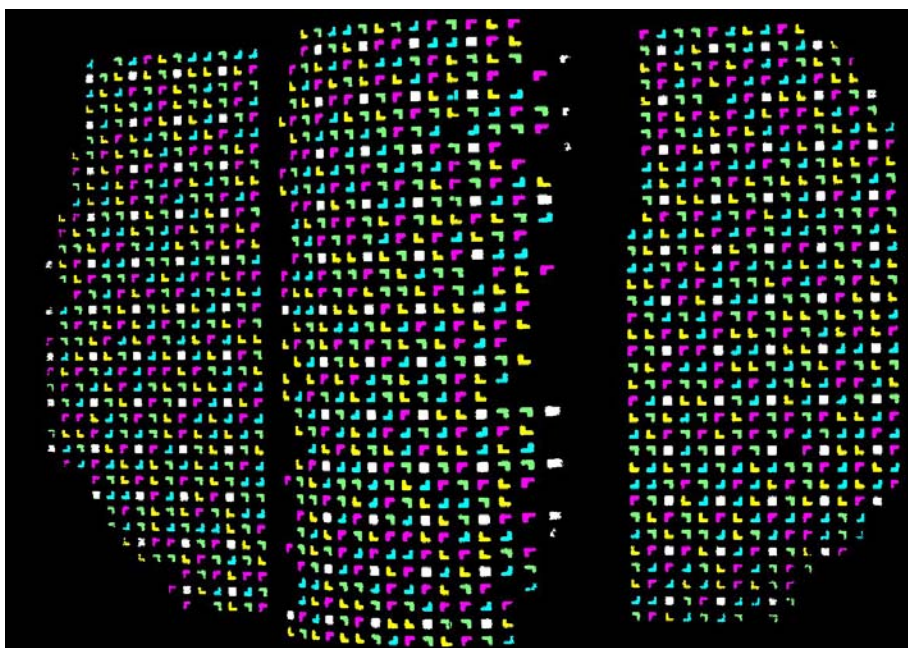


Figura 11 - Classificação dos alvos após a segmentação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de detecção de alvo por *template matching*, apresentado neste trabalho, produziu bons resultados em imagens de um sistema de luz estruturada.

Outras estratégias que podem ser usadas para melhorar os resultados são:

- Realizar uma predição da rotação e da escala do alvo a partir do conhecimento das distâncias e dos ângulos entre os alvos segmentados. Esta estratégia parece ser confiável, porém, possui problemas em áreas de descontinuidades;
- Utilizar o conhecimento a priori a respeito das posições e das orientações da câmara e do projetor em relação ao espaço objeto para fazer a predição de localização e aspecto do alvo;
- Usar conjuntamente os resultados da detecção baseada em assinatura da borda do alvo (KOKUBUM & TOMMASELLI, 2003).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, JB. **Fotogrametria**. Curitiba. SBEE, 1998.

ARTERO, AO. **Técnicas para a extração automática de feições retas em imagens digitais**. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós Graduação em Ciências Cartográficas, Presidente Prudente, 1999, 117p.

EL-HAKIM, SF. **Vision-based automated measurement techniques**. In: ATKINSON, K.B. Close range photogrammetry and machine vision. Department of Photogrammetry and Surveying, University College London. Whittles Publishing, 1996.

GONZALES, RC. **Digital Image Processing**, Addison Wesley, New York, 1993.

KOKUBUM, CNC; TOMMASELLI, AMG. **Reconhecimento Automático de Alvos**. In: Anais do XXII Congresso Brasileiro de Cartografia, Belo Horizonte – MG, Brasil, 2003.

OTSU, A, **Threshold Selection Method From Gray-Level Histogram**, *IEEE Transactions on System Man Cybernetics*, Vol. SMC-9(1), (1979) 62-66.

SAHOO, PK; SOLTANI, S; WONG, AKC. **An Survey of Thresholding Techniques**, *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, n. 41, pp. 233 – 260, 1988.

SCALCO, PAP; TOMMASELLI, AMG. **Determinação automática de correspondência em um sistema de reconstrução com luz estruturada**. *Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, Pr.*, v. 7, n. 2, p. 41-

62, 2001.

TOMMASELLI, AMG. **Geometric Accuracy of a Structured Light System**, In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Cambridge, UK, V. 32, pp. 313-319, 1998.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste artigo gostariam de agradecer a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio ao projeto, através de uma bolsa de mestrado.