

# Estudo Comparativo de Realce de imagens subaquáticas

Lucas Loezer e Jacques Facon

**Resumo**—Um estudo comparativo de técnicas de realce de contraste e de cores em imagens subaquáticas é apresentado. Uma nova técnica de realce é proposta, avaliada e comparada com técnicas encontradas na literatura. Por meio de duas métricas, a métrica universal *UQI* (*Universal Image Quality Index*) e a razão de similaridade *RS*, foi possível avaliar e confrontar numericamente a eficiência da nova técnica com as demais técnicas. E foi constatado que a nova técnica de realce proposta é a mais interessante em termos de equilíbrio entre a qualidade visual, mudanças geradas nas estruturas e preservação do matiz nas imagens realçadas.

**Palavras-Chave**— *Realce, Contraste, Imagens Subaquáticas, Métrica UQI.*

**Abstract**—The article presents a contrast and color comparative study of enhancement techniques applied to color underwater images. A new enhancement technique is proposed and compared with several published techniques. By means of universal metric *UQI* (*Universal Image Quality Index*) and *RS* (*Ratio Similarity*), we numerically assess and compare the effectiveness of the new technique with other techniques. Moreover, the results have shown that the new enhancement technique is the most interesting in terms of balance between visual quality, structure modifications and hue preservation in the enhanced images.

**Keywords**— *Enhancement, Contrast, Underwater images, UQI metric.*

## I. INTRODUÇÃO

Devido a condições de iluminação e dispersão da luz no meio aquático, imagens subaquáticas costumam apresentar um baixo contraste e uma falta de brilho que pioram com maiores profundidades.

Este artigo apresenta uma nova técnica de realce de contraste e cores de imagens subaquáticas que foi numericamente comparada com diversas técnicas de realce de contraste e de cores propostas na literatura. A avaliação numérica é realizada empregando a métrica universal *UQI* (*Universal Image Quality Index*) e um banco de imagens subaquáticas coloridas.

O resto do artigo é organizado da seguinte maneira, na seção II são descritas de forma sucinta as técnicas de aprimoramento de contraste de realce e de cores que foram aplicadas em imagens subaquáticas. Na seção III são descritas as métricas usadas *UQI* e *RS*. A seção IV apresenta e analisa os resultados obtidos.

## II. TÉCNICAS DE REALCE DE CORES E CONTRASTE

As seguintes técnicas de realce de cores e contraste de âmbito geral e específicas para imagens subaquáticas, foram escolhidas:

- (A) A técnica genérica de estiramento do histograma [1] que consiste em expandir a gama de níveis entre 0 e 255;
- (B) A técnica específica de expansão mínima ou máxima ou total [3] para imagens subaquáticas que consiste em expandir os canais *R*, *G*, *B* de forma máxima (canal *R*) ou mínima (canal *B*) ou total (canal *G*);
- (C) A técnica genérica de equalização de histograma [1] aplicada para imagens subaquáticas somente no canal de luminância *Y* dos espaços de cor *YCrCb* e *YIQ*;
- (D) A técnica genérica de Von Kries [2] que visa balancear as cores que apresentam baixo contraste partindo da hipótese que somente o canal azul *B* é predominante.
- (E) A técnica de corretor de contraste [3] semelhante ao estiramento de Histograma e aplicada de maneira específica para imagens subaquáticas. O estiramento é aplicado apenas no canal com menor predominância. Essa técnica é também aplicada no espaço de cor *YCrCb*, alterando apenas o canal *Y* de luminosidade.
- (F) A técnica específica de balanceamento de branco (*white patch*) [2] para imagens subaquáticas aplicada somente nos canais Vermelho e Azul.
- (G) A Técnica específica *UCM* original (*Unsupervised Colour Correction Method*) [3] que mescla a técnica genérica de Von Kries, de corretor de contraste e de expansão mínima ou máxima ou total nos espaços de cor *RGB* e *HSI*, cujo fluxograma é ilustrado na Figura 1.
- (H) A Técnica *UCM* modificada proposta: Aqui está proposta uma nova técnica derivada da técnica *UCM* originalmente proposta [3] excluindo o uso do espaço de cor *HSI* e os módulos Corretor de Contraste em *HSI* e a expansão total nos canais *S* e *I*.

A Figura 2 ilustra o fluxograma da Técnica UCM modificada proposta.

$$UQI = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \cdot \frac{2\bar{x}\bar{y}}{(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2} \cdot \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (1)$$

$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$  e  $\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$  sendo a média de cada imagem X e Y, respectivamente e

$$\sigma^2_x = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad \sigma^2_y = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$$

sendo o desvio padrão de cada imagem X e Y respectivamente e  $\sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$  a correlação entre as imagens X e Y.

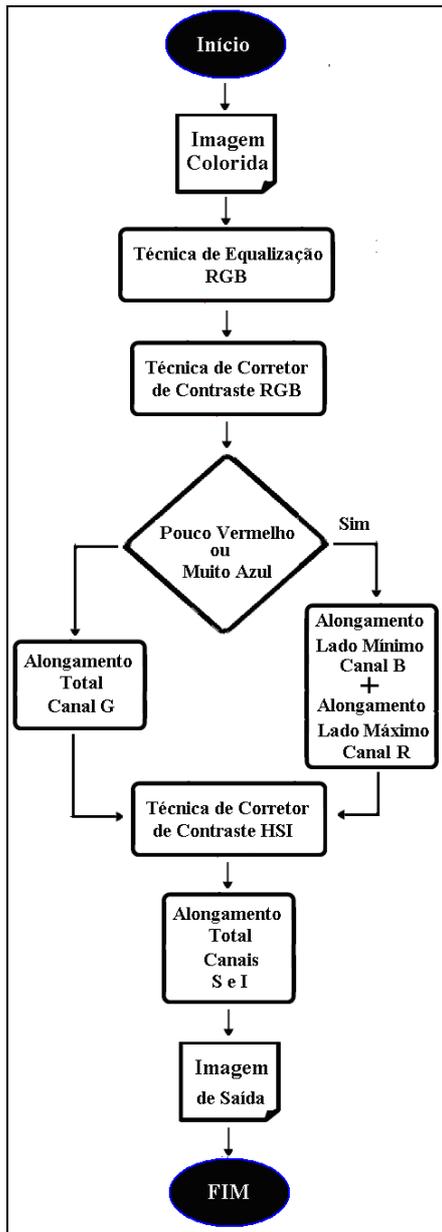


Fig. 1. Fluxograma da Técnica UCM original (Unsupervised Colour Correction Method) recopiado de [3]

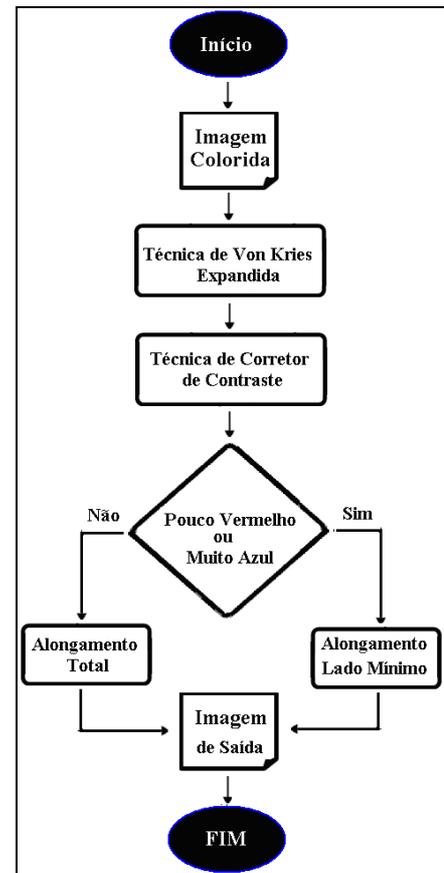


Fig. 2. Fluxograma da Técnica UCM modificada proposta.

### III. AVALIAÇÃO DAS TÉCNICAS DE REALCE DE CORES E CONTRASTE

Para avaliar numericamente o desempenho das técnicas publicadas e do método proposto, duas métricas foram usadas, a métrica universal UQI (Universal Image Quality Index) [6] e a razão de similaridade (RS) [7].

Seja X a imagem original e Y a imagem aprimorada a serem comparadas, a métrica UQI é calculada em função da média, do desvio padrão e da correlação de cada imagem da seguinte maneira:

A métrica UQI mede a luminância, o contraste e as estruturas entre duas imagens e fornece o grau de mudanças geradas entre as imagens original e realçada [6]. O valor de UQI fica no intervalo [-1, 1], com UQI = 1 para imagens iguais e valores menores que “1” significando mais mudanças estruturais entre as imagens comparadas.

A razão de similaridade (RS) é uma métrica recentemente proposta [7] que mede a preservação do matiz e o realce do contraste entre a imagem original e da imagem corrigida que é definida da seguinte maneira:

$$RS = \frac{Min((R_o / G_o), (R_r / G_r))}{Max((R_o / G_o), (R_r / G_r))} + \frac{Min((B_o / G_o), (B_r / G_r))}{Max((B_o / G_o), (B_r / G_r))}$$

(2)

$R_o, B_o, G_o$  e  $R_r, B_r, G_r$  sendo os canais das imagens original e realçada respectivamente e  $Min, Max$  sendo os valores mínimos e máximos.

A razão de similaridade ( $RS$ ) pode atingir o valor máximo de 2. Mais próximo de 2 a razão de similaridade ( $RS$ ) atingir, maior a preservação do matiz da imagem realçada.

#### IV. EXPERIMENTOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os experimentos e a avaliação numérica do comportamento das técnicas publicadas e do método proposto foram realizados por meio de um banco de 50 imagens subaquáticas, criado a partir de imagens da Web. Esta base de imagens foi gerada de maneira a conter imagens com diversos contrastes e colorações (marrom, verde, azul, mistura, etc.), algumas destas imagens ilustradas na Figura 3.



Fig. 3. Exemplos de imagens da base

Enquanto a Figura 4 ilustra os resultados e os valores das métricas  $UQI$  e  $RS$  para uma imagem da base apresentando uma falta de contraste e cores diluídas, as Figuras 5 e 6 ilustram as médias dos valores das métricas  $UQI$  e  $RS$  e a distribuição espacial das mesmas para várias imagens testadas.

A partir da Figura 4, é possível entender o impacto de cada técnica apresentado anteriormente por meio do histograma, dos valores das métricas  $UQI$  e  $RS$  e do resultado obtido.

A distribuição espacial das médias dos valores das métricas  $UQI$  e  $RS$  ilustrada na Figura 5 para várias imagens testadas oferece uma visão geral interessante da relação entre as métricas  $UQI$  e  $RS$  para cada técnica.

Tendo em mente que o valor de referência da métrica  $UQI$  sendo 1 (nenhuma modificação) e o valor de referência da métrica  $RS$  sendo 2 (matiz totalmente preservado) entre as imagens original e realçada, é possível perceber que técnicas como o estiramento de histograma no espaço  $RGB$ , a expansão mínima ou máxima ou total, a técnica de Von Kries expandida no espaço  $RGB$ , o corretor de contraste, o balanceamento de branco (*white patch*) geram poucas mudanças e pouco realce. Na Figura 6, os valores médios de  $UQI$  correspondentes são superiores a 0,9 e de  $RS$  próximos de 2,0, o que significa poucas mudanças.

Técnicas como a equalização de histograma aplicada unicamente no canal de brilho ( $Y$ ) dos espaços de cor  $YCrCb$  e  $YIQ$ , e técnicas empregando o espaço de cor  $HSI$ , como o estiramento de histograma e a técnica  $UCM$  original, geram consideráveis mudanças que se refletem nas imagens com cores distorcidas e nos valores médios de  $UQI$  inferiores a 0,7 e de  $RS$  bem inferiores a 2 (Figura 6).

De um ponto de vista visual, a técnica  $UCM$  modificada proposta se mostrou bem superior à técnica  $UCM$  original e também eficiente para muitas imagens testadas em alterar

cores e contrastes com qualidade visual bastante agradável. Do ponto de vista numérico, os valores médios de  $RS$  próximo de 1,557 e de  $UQI$  próximo de 0,876 comprovam um equilíbrio adequado entre a qualidade visual, as mudanças geradas nas estruturas e a preservação do matiz nas imagens realçadas.

A Figura 7 ilustra vários exemplos resultados do realce proporcionado pela Técnica  $UCM$  modificada proposta.

#### V. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou um estudo comparativo de procedimentos automáticos de realce de contraste e cores de uso geral e específicas para imagens subaquáticas. E uma nova técnica de realce foi também proposta, avaliada e comparada. A métrica universal  $UQI$  foi usada para avaliar numericamente o grau de mudanças geradas por cada técnica.

A combinação das avaliações numéricas e visuais evidenciou que:

- Técnicas como estiramento de histograma no espaço  $RGB$ , a expansão mínima ou máxima ou total, o corretor de contraste, o balanceamento de branco (*white patch*) afetam pouco as imagens.
- Técnicas como equalização de histograma aplicada unicamente no canal de brilho ( $Y$ ) dos espaços de cor  $YCrCb$  e  $YIQ$ , a técnica de Von Kries no espaço  $RGB$ , e ainda técnicas empregando o espaço de cor  $HSI$  no estiramento de histograma e na técnica  $UCM$  original [3] geram imagens exageradamente modificadas.

A técnica  $UCM$  modificada aqui proposta, que exclui o uso do espaço de cor  $HSI$ , proporcionou imagens com qualidade visual bastante agradável, sem distorções e com realce de cores e contrastes visualmente e numericamente mais equilibrado que as demais técnicas.

Futuramente pretende-se desenvolver outras técnicas de realce de contraste e de cores com outros espaços de cor e também outras métricas de avaliação numérica de qualidade, como por exemplo, o índice  $SSIM$  de similaridade estrutural [8].

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiado da Bolsa PIBIC pelo CNPq- vigência 2014-2015- que permitiu a realização desta pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Gonzalez, Rafael C.; Woods, Richard E. "Processamento de imagens digitais", São Paulo: Edgard Blücher, p.509, 1992.
- [2] Edmund Y. Lam and George S.K. Fung, "Automatic white balancing in digital photography," in *Single-Sensor Imaging: Methods and Applications for Digital Cameras*, pp. 267–294, CRC Press, 2008.
- [3] Kashif Iqbal, Michael Odetayo, Anne James, Rosalina Abdul Salam, "Enhancing The Low Quality Images Using Unsupervised Colour Correction Method", Proceedings of the *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Istanbul, Turkey, pp 1703- 1709, 2010.
- [4] Rosalina Abdul Salam, Aimee Ong Hui Ee, Muhammad Suzuri Hitam. "Unsupervised Color Correction Using Cast Removal for Underwater Images", *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, Issue 6, Volume 1, pp 1770-1776, December 2004.
- [5] Antonio G. Thomé, [http://equipe.nce.ufrj.br/thome/p\\_grad/nn\\_img/transp/c4\\_filtros.pdf](http://equipe.nce.ufrj.br/thome/p_grad/nn_img/transp/c4_filtros.pdf), acesso em 2016

[6] Z. Wang and A. C. Bovik, "A universal image quality index", *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 9, pp. 81–84, 2002.

[7] Ki Sun Song, Hee Kang and Moon Gi Kang, "Hue-preserving and saturation-improved color histogram equalization algorithm", *Journal of Optical Society of America*, Vol. 33, No. 6, pp 1076- 1088, 2016

[8] Z. Wang and A. C. Bovik, "Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity", *IEEE Transactions of Image Processing*, vol. 13, pp. 602-605, April. 2004.

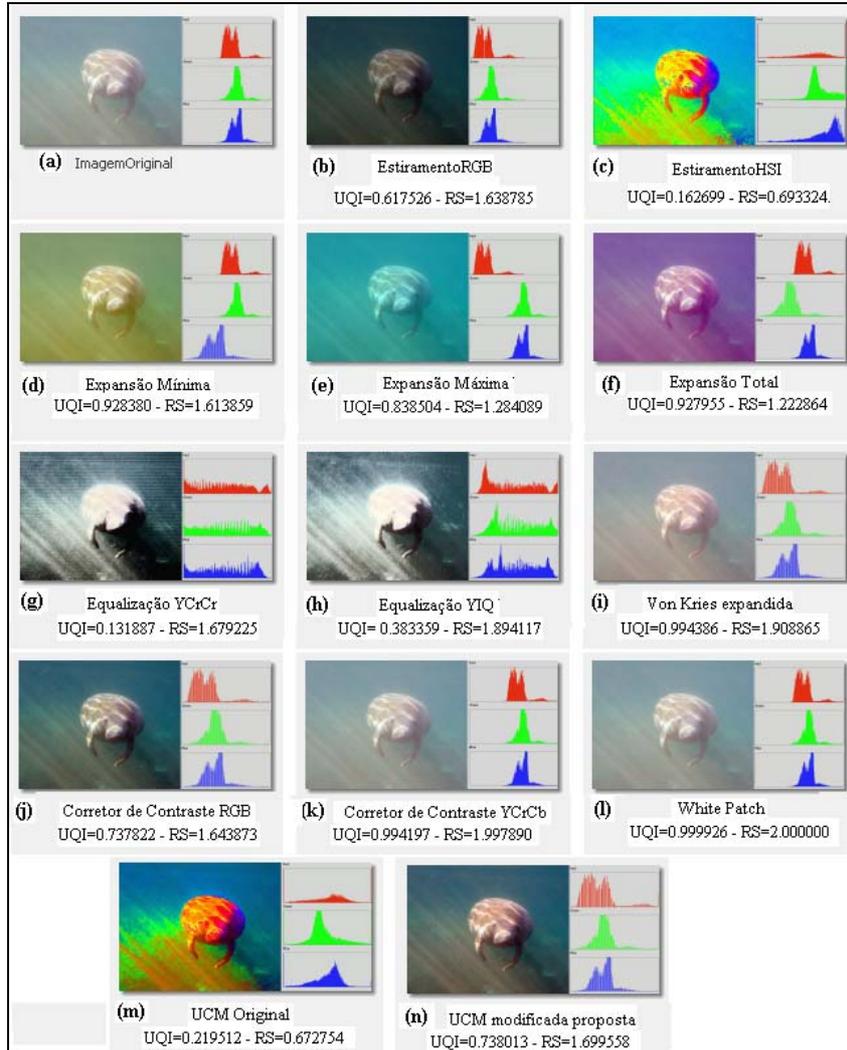


Fig. 4. Resultados obtidos pela diferentes técnicas

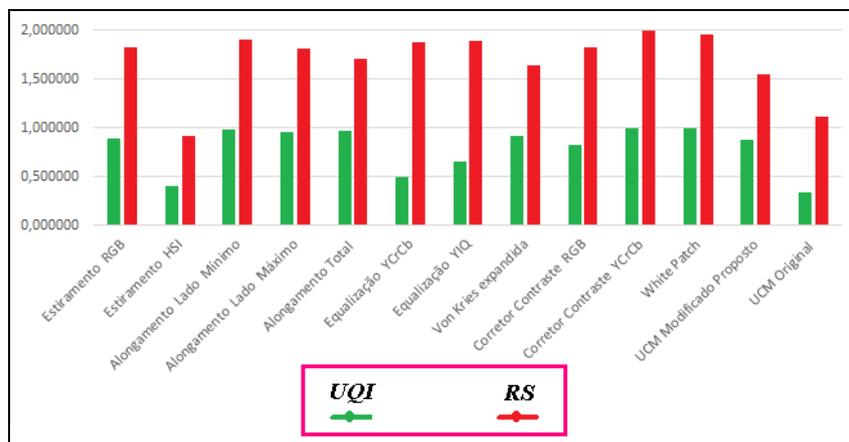


Fig. 5. Médias dos valores de UQI e RS para várias imagens.



Fig. 6. Médias dos valores de *UQI* e *RS* para várias imagens.



Fig. 7. Realces obtidos pela Técnica *UCM* modificada proposta.