

SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS DE ALGAS MICROSCÓPICAS POR GRANULOMETRIA MORFOLÓGICA

Sérgio R. Nauffal¹, Jacques Facon², Flávio Bortolozzi³

¹snauffal@utp.br, Universidade Tuiuti do Paraná, Av. Comendador Franco, 1860 - CEP: 80215-090.

²facon@ppgia.puc.br, PUC-PR, Rua Imaculada Conceição, 1155 - CEP: 80215-901. ³bortolozzi@ppgia.puc.br, PUC-PR, Rua Imaculada Conceição, 1155 - CEP: 80215-901.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma metodologia no apoio à verificação da qualidade de água, pela detecção de algas microscópicas por processamento de imagens digitais, de algas microscópicas em lamínulas de vidro, adquiridas por uma câmera CCD. Esta abordagem utiliza o conceito de granulometria na segmentação de imagens digitais de algas microscópicas para segmentação de espécies por transformadas da matemática morfológica. Os resultados são demonstrados sobre imagens digitais reais de algas microscópicas.

ABSTRACT

This article describes a methodology to help water quality analysis by digital image processing. It relates the granulometry concept as well as the segmentation approach adopted by morphologic mathematical transforms. The results were obtained using real digital images of microscopic algae.

Palavras-chave : Granulometria, Morfologia Matemática, Algas Microscópicas, Cianofícias

1. Introdução

A água é provavelmente um dos elementos mais importantes do planeta. A verificação de sua qualidade é também uma importante tarefa que demanda muitos parâmetros, desde características orgânicas à químicas. Um destes parâmetros que atestam a qualidade da água é a presença de algas. Sendo assim, verificar a presença de algas, principalmente do tipo cianofícia (nostocofícia) se faz necessário, pois representam um grupo de algas das mais tóxicas para os seres humanos [Rou93].

Porém, devida a complexidade com que se apresentam as imagens digitais dessas algas, sofisticadas ferramentas são necessárias para analisá-las. Desde técnicas de “background removal”, filtros de ruído de imagens até técnicas de classificação.

Este artigo apresenta uma metodologia para a segmentação de imagens digitais de algas, desde da filtragem, limiarização e uma técnica usada para classificação parcial. A seção dois apresenta os passos necessários ao pré-processamento, a seção três o método de segmentação utilizado e, a seção quatro os procedimentos de classificação.

2. Pré-processando imagens digitais de algas microscópicas

Imagens coloridas digitalizadas, foram adquiridas, de lâminas em solução aquosa, contendo algas microscópicas, com uma câmera CCD Sony conectada a um microscópio ótico. A Figura 1, mostra a complexidade deste tipo de imagem. Para facilitar a análise, as imagens digitais adquiridas foram convertidas em níveis de cinza, além disso, um dos modos de segmentação é utilizar as imagens usando-as na forma binária, ou monocromática. Em princípio para análise das imagens foi usada uma clássica limiarização direta, do tipo Otsu. Esta mostrou-se ineficiente, como mostra a Figura 2. Para resolver este problema implementou-se a seguinte sequência de pré-processamento: uma equalização da imagem cinza, então aplicou-se ao resultado da imagem de equalização um processo de “clipping”, e após um filtro da mediana.

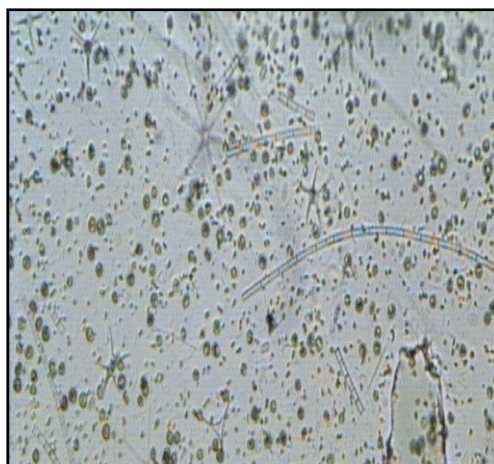


Figura 1: Algas microscópicas, objetiva 10x, 512x468 pixels, 256 níveis de cores, 8 bits.

Após a etapa de pré-processamento, a densidade original da informação foi restaurada na imagem através de uma operação de OU lógico entre a imagem original e a imagem resultante. Desta maneira obteve-se uma imagem digital de algas sem o *ruído de fundo de imagem*. Este foi completamente eliminado em todos os testes realizados. A partir deste passo, a limiarização mostrou-se de melhores resultados, conforme mostra a Figura 3, onde é processado uma limiarização por Otsu a partir da imagem de OU lógico. A comparação desses resultados com a Figura 2 (sem pré-processamento) demonstra a efetividade desta etapa.

3. Segmentação de Imagens Digitais de Algas por Granulometria

O principal objetivo da segmentação é a detecção de primitivas da imagem, que contenham informações semânticas relativas a imagem original. Matheron [Mat75] demonstra

que o conceito de granulometria em imagens binárias é muito útil para segmentar informações de tamanho e forma nas imagens. Porém, a segmentação por regiões aqui realizada obteve melhores resultados, diferenciando-se da segmentação por contorno usada por Roussel[Rou93], usando o filtro Deriche[Der87], conforme Figura 4.



Figura 2: Limiarização por Otsu da figura 1, limiar=172 (preta/branca).

Esta segmentação por regiões evitou a reconstrução por interpolação, pois o filtro Deriche exige a reconstrução da imagem **degradada** de algas.

Em [Mat75] define-se um conjunto de axiomas que permitem uma granulometria formalizada, em termos de segmentação por regiões.

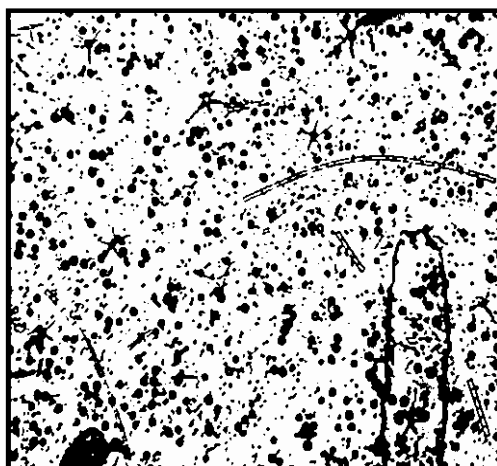


Figura 3: Procedimento de Limiarização por Otsu após a etapa de préprocessamento.

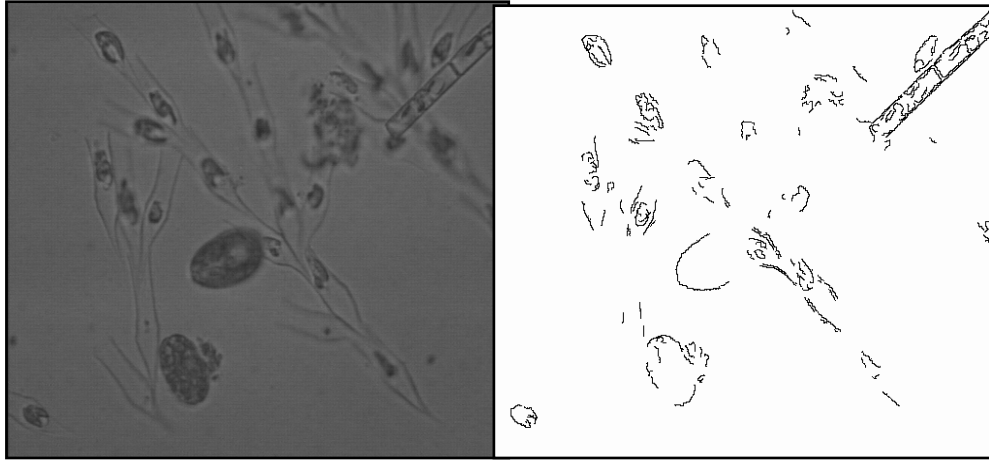


Figura 4: Imagem de algas, objetiva 10x, 256 níveis de cinza, e a direita Filtro de Deriche

Sendo assim, se X representa uma imagem a ser analisada, e $T^{(\lambda)}(X)$ é a transformação que representa uma análise granulométrica, $T^{(\lambda)}(X)$ verifica:

1. A transformação deve ser anti-extensiva:

$$\forall X, \forall Y > 0, T^{(\lambda)}(X) \subset X \quad (1)$$

2. A transformação deve gerar a seguinte operação:

$$\forall X, \forall Y > 0, Y \subset X \Rightarrow T^{(\lambda)}(Y) \subset T^{(\lambda)}X \quad (2)$$

3. Para uma imagem transformada de duas sucessivas transformações de tamanhos respectivos λ_1 e λ_2 deve verificar:

$$\forall X, \forall (\lambda_1, \lambda_2) > 0$$

$$\begin{aligned} T^{(\lambda_1)}(T^{(\lambda_1, \lambda_2)}(X)) &= T^{(\lambda_2)}(T^{(\lambda_1)}(X)) \\ &= T^{\sup(\lambda_1, \lambda_2)}(X) \end{aligned} \quad (3)$$

Para verificar estes três axiomas, o procedimento de peneiramento representa a granulometria. $T^{(\lambda_1)}(X)$, que será exatamente a representação do resto do processo de peneiramento de tamanho λ . Para este tipo de granulometria, existem dois tipos de segmentação [Vin94]. Na primeira delas, a imagem é subdividida em regiões, cada uma delas definida por aspectos de textura da região. Na segunda, a informação da textura não é usada, então a imagem é segmentada em subconjuntos. Usando-se o procedimento de peneiramento, neste caso emprega-se uma *abertura* binária morfológica, a qual é um exemplo de $T^{(\lambda)}$ transformação. O parâmetro λ é o tamanho n do elemento estruturante nB . Desafortunadamente, as *aberturas* morfológicas revelam efeitos indesejáveis, distorcendo conjuntos reticulados.

Além disso, *aberturas* não representam o real procedimento de peneiramento. Solucionou-se este problema usando procedimento de reconstrução através da *dilatação condicional*. A reconstrução binária de um conjunto $M \subseteq Y$ é dada por:

$$\rho_Y(M) = \lim_{n \rightarrow +\infty} \delta_{g_Y}^n(M) \quad (4)$$

A figura 5 ilustra os efeitos de *abertura* por diferentes elementos estruturantes e a correta reconstrução pelo processo de peneiramento.

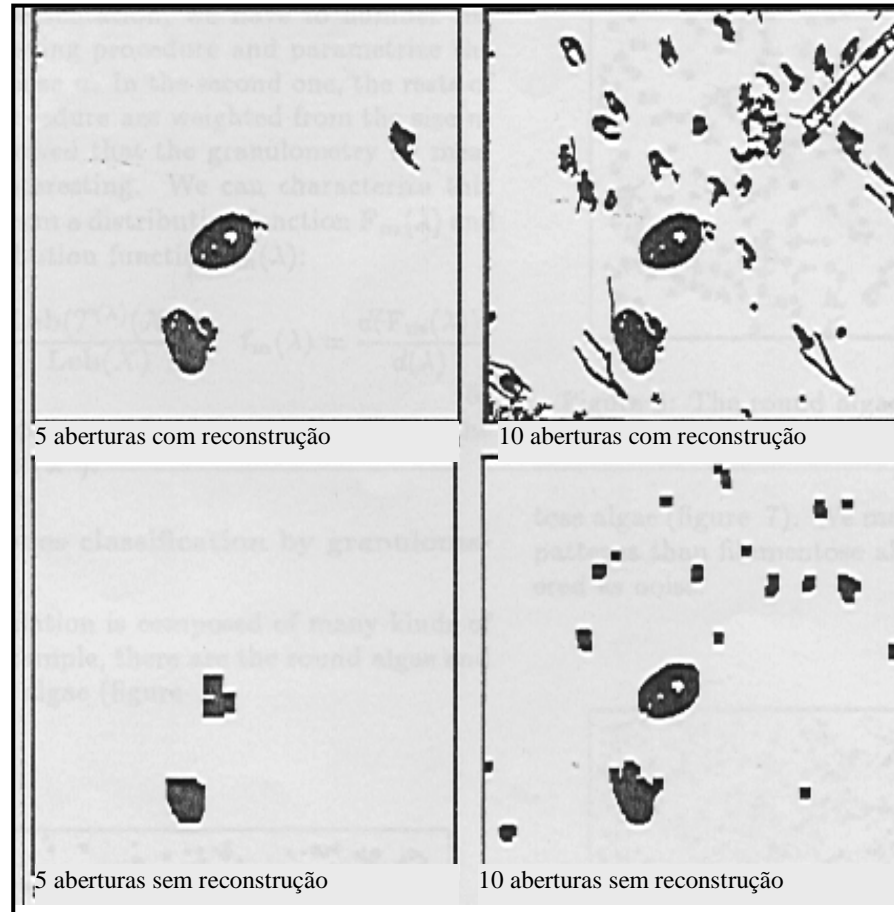
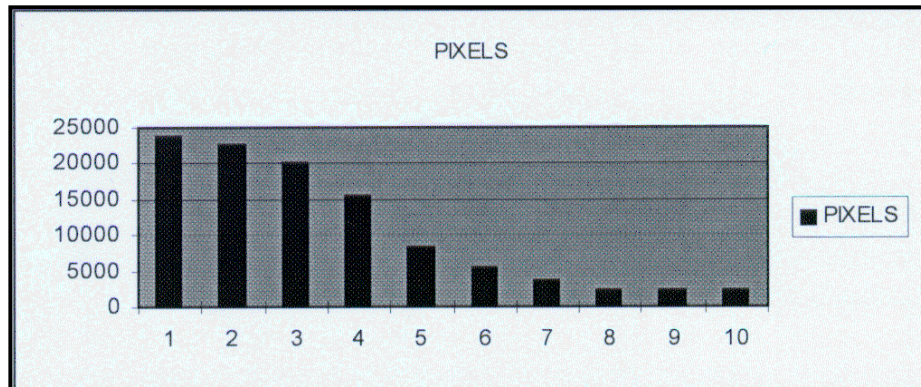


Figura 5 : Resultado da granulometria com e sem reconstrução por aberturas.

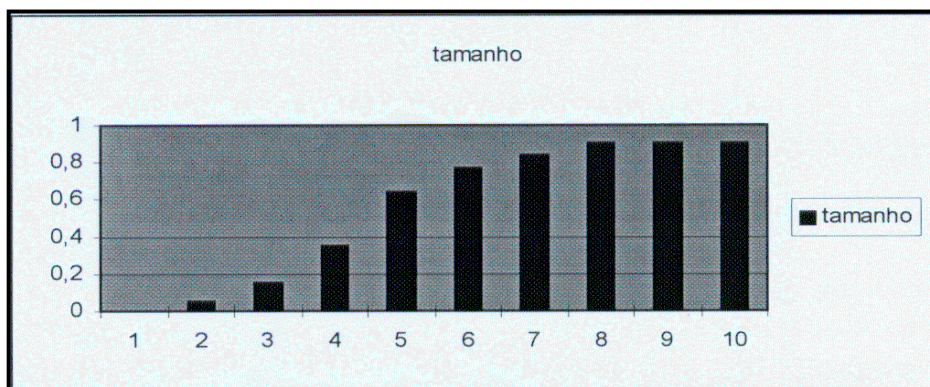
O interesse do uso da granulometria é possibilitar o procedimento de enumeração mais realista da imagem digital. Algumas granulometrias podem ser representadas por números ou por medidas. A primeira representação, mostra o resto numérico do procedimento de peneiramento e parametriza os resultados de n tamanhos. No segundo, o resto ou semente de cada processo de peneiramento é o peso do tamanho n .

Através do uso de n -*aberturas* morfológicas, sabe-se que se tem a disposição uma eficiente ferramenta para separação de algas (Figura 5), onde o parâmetro n representado pelo tamanho, determina classes de algas.

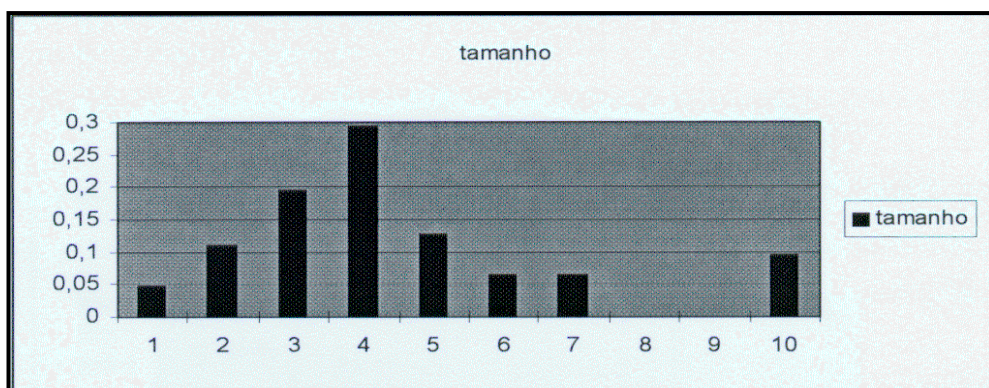
Assim, a classificação de algas redondas é realizada por meio de uma granulometria binária. O resultado imediato desta granulometria é a função de distribuição $F_m(\lambda)$. Usando a função de distribuição de densidade $f_m(\lambda)$, descobre-se o número de classes de algas pelo tamanho do elemento estruturante, usado nas *n-aberturas* (Figura 6).



(a)



(b)



(c)

Figura 6: (a) Funções de distribuição de tamanho, (b) distribuição normalizada e (c) densidade por espectro padrão da Figura 5.

4. Classificação de Algas em Imagens Digitais por Granulometria

Uma população de algas é composta de várias espécies e grupos de algas. Na figura exemplo 3, existem algas redondas e algas filamentosas.

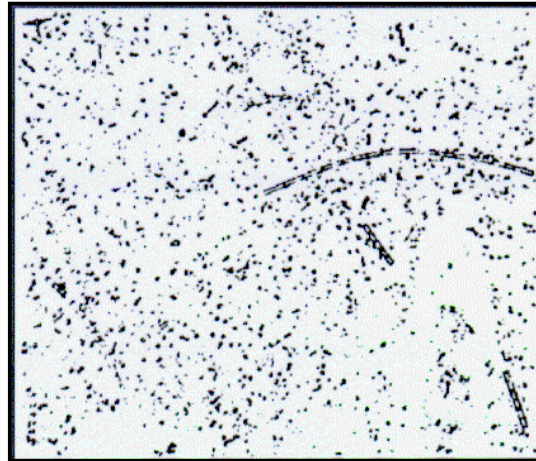


Figura 7: Limiarização por fechamento cinza e segmentação de filamentosas e detritos.

O primeiro passo é separar algas redondas de algas filamentosas. Este procedimento de separação é realizada por um *fechamento* cinza. Através do uso de uma limiarização por *fechamento* (Figura 7) e pelo procedimento de reconstrução binária (Figura 8) são isoladas as algas redondas.

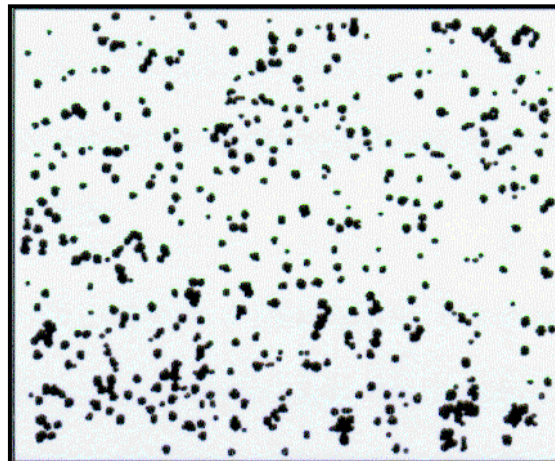


Figura 8: Procedimento de separação de algas redondas.

Usando a imagem resultante de *fechamento* cinza é operado um *tophat* dual (ou *tophat* por *fechamento*). Pode-se ainda observar na imagem que outros padrões de algas que não as filamentosas podem ser considerados como ruído, ou outras categorias de organismos. Porém aplicando-se um Skiz [Dou94], na imagem digital reversa, obtém-se as principais algas longas.

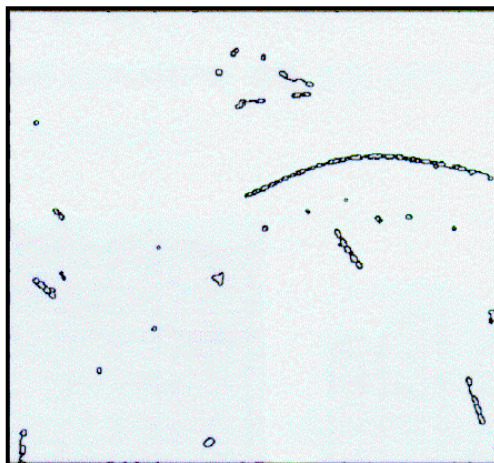


Figura 9: Segmentação de algas filamentosas por Skiz (reverso).

4. Conclusão

O uso de uma abordagem por granulometria mostra a possibilidade da análise de imagens digitais de algas microscópicas, segmentando-as e classificando-as em alguns tipos de algas (algas redondas e filamentosas), dependendo da forma e do tamanho. Este estudo mostra que provavelmente é possível segmentar outros tipos ou espécies de algas, e representa um passo inicial para verificar a parametrização em estudos de qualidade de água.

5. Bibliografia

- [Der87] DERICHE, R. **Using Canny's criteria to derive a recursively implemented optimal edge detector.** International Journal of Computer Vision, pp.167-187. Kluwer Academic Publishers: Boston. 1987.
- [Dou94] DOUGHERTY, E. **Digital Image Processing Methods.** Rochester Institute of Technology: Rochester, New York. 1994.
- [Mat75] MATHERON, G. **Random Sets and Integral Geometry.** J. Wiley: New York, 1975.
- [Rou93] ROUSSEL, M. **Analyse et Interprétation D'Images Appliquées aux Algues Microscopiques.** Tese de Doutorado, Univ. de Technologie de Compiègne, 1993.
- [Vin94] VINCENT, L. **Digital Image Processing Methods.** Cap. Morphological Segmentation. Rochester Institute of Technology: New York, 1994.

Nota: Esta pesquisa foi desenvolvida com a colaboração do IAP (Instituto Ambiental do Paraná, Setor de Liminologia), órgão encarregado do tratamento e controle de qualidade de águas para o abastecimento. Esta pesquisa foi realizada no LADIS (Laboratório de Imagens e Sistemas), do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET/PR).