

I-176 - DETERMINAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE IMAGEM DIGITAL PARA A OBTENÇÃO DE DADOS DE PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO FLOCULENTA

Pedro Augusto Grava da Silva⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Ambiental. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP).

André Luiz de Oliveira

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Viçosa-MG. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP.

Pâmela Moreno

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Faculdade de Engenharia de Bauru (FEB/UNESP).

Marcelo De Julio

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de São Carlos-SP. Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP.

Rodrigo Braga Moruzzi

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de São Carlos-SP. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP.

Endereço⁽¹⁾: Avenida 34A, 467 – Vila Alemã – Rio Claro – SP - CEP: 13506--670 - Brasil - Tel: (19) 3597-3460 - e-mail: pedroagrava@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho se destinou ao desenvolvimento/adaptação de metodologia para aquisição e tratamento de imagens de flocos produzidos em ensaios de coagulação e floculação. A interface entre essas duas áreas se deu pela possibilidade de monitoramento de ensaios de floculação executados no equipamento *Jartestee* por uma câmera fotográfica de disparo contínuo de alta resolução e elevada velocidade de captura. Foram executadas em laboratório atividades para a obtenção de uma metodologia de aquisição de imagens de fácil replicação e que gerasse dados com alto grau de confiabilidade, visto que o objeto de estudo – os flocos – são partículas micrométricas e visto também que a precisão é imprescindível para trabalhos posteriores a este que o utilizem como base. Como resultado foi gerado um manual que aborda desde o procedimento para aquisição de imagens até o armazenamento de dados numéricos oriundos das imagens digitais, passando por um tutorial sucinto das funções utilizadas no software de tratamento das imagens obtidas. As planilhas geradas pelo processo compõem um extenso conjunto de informações a respeito da forma e distribuição espacial das partículas geradas na floculação.

PALAVRAS-CHAVE: Floculação, Análise de imagem digital, Aquisição de imagem, Tratamento de imagem, Distribuição de Tamanho de Partículas.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o conhecimento das características físicas dos sólidos presentes surge como ferramenta potencial para o aprimoramento na concepção e projeto de unidades de separação sólido/líquido empregadas no tratamento de água e esgoto. Uma das etapas do processo físico-químico de tratamento consiste na floculação, utilizada para agregar partículas desestabilizadas, possibilitando, dessa forma, processos e operações de separação sólido/líquido posteriores. As características dos flocos formados têm estreita relação com as características da água bruta, dos produtos químicos e da tecnologia empregada, além de determinarem a eficiência dos processos e a consequente qualidade da água tratada para abastecimento público.

Pesquisas realizadas nos últimos anos, como as do *University College London (UCL)*, têm dado informações relevantes sobre as propriedades dos flocos produzidos em estações de tratamento de água (ETAs), as quais podem ser de grande interesse prático. Resultados destas pesquisas apontam para o desenvolvimento de técnicas para quantificar a quebra dos flocos quando submetidos a elevadas forças de cisalhamento e o

recrescimento dos mesmos, quando a força de cisalhamento é reduzida. Estas pesquisas têm revelado que, quando se dosam apenas coagulantes metálicos (sulfato de alumínio ou cloreto férrico, por exemplo), a quebra dos flocos é praticamente irreversível, ou seja, os flocos apresentam uma pequena capacidade de recrescimento após a quebra. Todavia, floculantes poliméricos (tanto sozinhos, como em combinação com coagulantes metálicos), podem gerar flocos que apresentam reversibilidade quase completa após a quebra. Estas descobertas podem ser de grande interesse prático em tratamento de água, embora ainda não tenham sido adequadamente exploradas.

Para a obtenção de estudos detalhados sobre o processo de floculação, faz-se necessário um método que avalie o estado de agregação de suspensões, o qual deve ser rápido e não cause distúrbios significativos na amostra. Frente a essa problemática e vislumbrando a vasta área ainda inexplorada do tema, o monitoramento por imagens digitais é uma alternativa tecnológica que se justifica em importância pelo grande número de dados que gera para as mais distintas aplicações, e faz-se necessário, portanto, firmar um método específico para o equipamento utilizado que venha a proporcionar segurança de informações e economia de tempo e dinheiro a demais estudos que venham a utilizar este mesmo método.

OBJETIVOS

Este trabalho objetivou o desenvolvimento de um método adequado para a aquisição e tratamento de imagens de flocos obtidos nos processos de coagulação e floculação simulados em laboratório. Para tanto, foram determinadas as condições adequadas da fonte e intensidade de iluminação, tempo de abertura do obturador, velocidade de captura da câmera e um passo a passo da execução dos processos de binarização das imagens, contagem e medição das partículas em software específico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Estabelecer os procedimentos adequados para a aquisição de imagem é etapa fundamental para a determinação do tamanho de partículas que por sua vez visa a otimização do processo de coagulação e floculação em Estações de Tratamento de Água (ETA), tornando-os mais precisos, rápidos e diminuindo custos.

Para realização dos ensaios foi preparada suspensão de caulinita em água destilada conforme descrito em Pádua (1994). O agente coagulante foi o Sulfato de Alumínio e os parâmetros de simulação da coagulação/floculação foram $G_{mr} = 1000 \text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 10 \text{ s}$, $G_f = 30 \text{ s}^{-1}$, $T_f = 20 \text{ min}$.

A técnica de monitoramento dos flocos em seu estágio inicial foi baseada nas discussões prévias de Gregory e Nelson (1984), Brown et al. (1985) e Gregory e Nelson (1986). Resumidamente, a intensidade de um feixe de luz transmitida através de uma suspensão fluindo por um tubo é monitorada por um foto-detector. Este método revelou uma sensível indicação no processo de formação do floco e boa correlação com o ensaio tradicional de *Jarteste* observada por Li e Gregory (1991). Mais adiante, com uma modificação na técnica de monitoramento, onde um laser foi usado como fonte de luz, foi possível fazer certas suposições sobre a distribuição de tamanhos dos flocos e das propriedades fractais dos agregados. O presente trabalho baseou-se nos métodos Moruzzi e Reali (2007), iluminando a suspensão com um plano de laser de cor verde. O foto-detector utilizado foi a câmera fotográfica *Phantom Miro EX4* posicionada a 10 cm da cuba acrílica do *Jarteste* e ortogonalmente ao plano do laser, como mostra a Figura 1, para captar a reflexão dos raios do laser ao incidirem nos flocos.

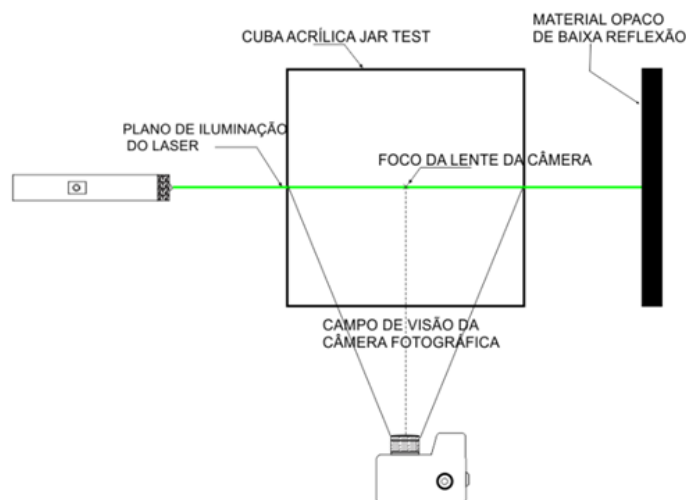


Figura 1. Arranjo experimental de bancada

Preliminarmente foram realizados testes com alguns modelos de lentes do fabricante *Navitar* para encontrar a melhor imagem nas condições de iluminação e posicionamento (distância entre a câmera e objeto). A câmera fotográfica era gerenciada por computador através do aplicativo *Phantom Camera Control version 2.2* (PCC 2.2). Pela interface do programa foram feitos testes em que se buscou os valores ótimos para os parâmetros brilho, contraste, tempo de abertura do obturador e frequência de disparo da câmera. Este último parâmetro se fez necessário já que o registro dos flocos não se restringe a uma única imagem, mas a uma sequência delas, o que remete a um registro em vídeo, que guarda informações sobre o dinamismo das partículas em um intervalo de tempo.

O tratamento consistiu em transformar cada imagem obtida pela câmera, inicialmente similar a uma fotografia em tons de cinza em uma matriz binária que tivesse somente pixels (representando os flocos) e pixels que não são considerados pelo *software*. Utilizado o *software Image-Pro Plus 7.0* (IPP 7.0) escolheu-se o limiar que melhor representava a situação real. Após a binarização a matriz era operada de forma a ter-se a contagem total de flocos e dados sobre o seu tamanho e forma.

RESULTADOS

Câmera

Para o proposto trabalho foi utilizado o Kit de acessórios *Miro* e a Câmera *Phantom Miro EX4*. Dentre as características, merece destaque a velocidade máxima de captura extremamente alta, chegando a ser até 3.700 vezes mais rápida que o olho humano, possibilitando a criação de vídeos no formato de super câmera-lenta. Além disso, a diversidade de formatos de arquivos digitais que é compatível, possibilita que a *Phantom Miro EX4* translade entre câmera filmadora e câmera fotográfica, transformado com muita facilidade os *frames* de vídeo em imagens congeladas em extensões padrões como o JPEG. Tal função foi usada no decorrer desse manual.

A instalação da câmera depende das condições locais mas deve estar firmemente fixada em posição horizontal, com o plano de sua base paralelo ao plano da bancada e elevado a cerca de 10 cm deste, como mostra a Figura 2. A distância dos objetos em frente à câmera depende do jogo de lentes utilizado e da finalidade das imagens a serem obtidas.



Figura 2. Arranjo experimental utilizado para elaboração do manual.

Quanto maior a distancia focal de uma lente, menos campo de visão se tem na imagem da foto, mas os objetos distantes se tornam ampliados na imagem. Já o valor da abertura é tanto menor quanto maior a abertura do diafragma, e conseqüentemente, mais luz entra na objetiva. Uma abertura “f2.8” é maior que uma abertura de valor “f4.0”. Como o objetivo era registrar partículas pequenas a curtas distâncias, o conjunto mais indicado foi aquele com lentes de pequenas distâncias focais e aberturas de diafragmas também pequenos, visto que a fonte de iluminação utilizada emitia grande intensidade de luz.

A experiência mostrou que a lente que forneceu melhores resultados de ampliação, foi a “IF 4” em conjunto com a lente macro NAVITAR HR F2.8/50 mm que devem ser acopladas por rosqueamento como é possível observar na Figura 3. Entre suas vantagens estão a maior ampliação da resolução original da câmera obtida em relação as demais lentes do kit e a dimensão do campo focal que se aproximou de um plano ideal de interesse e diminuiu a interferência de objetos que se posicionavam na frente ou atrás do plano de interesse nas imagens obtidas.

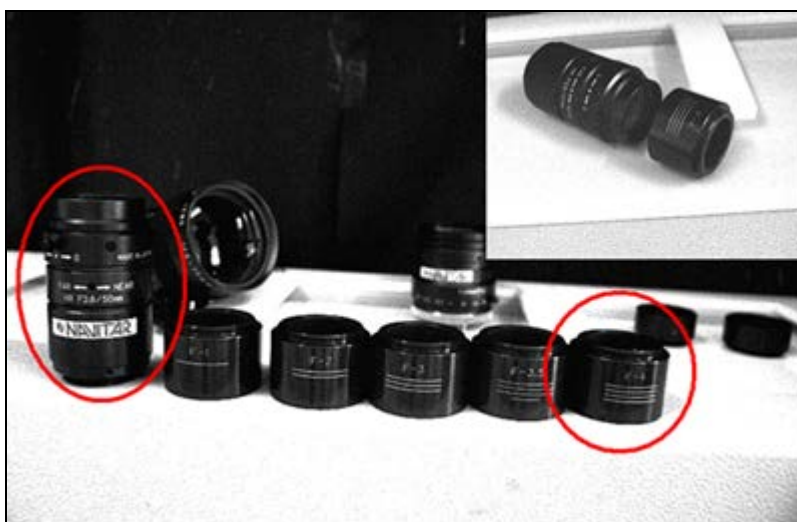


Figura 3. Jogo de lentes de ampliação ótica que apresentou melhores resultados

Para a continuação do processo a lente escolhida foi acoplada à câmera e o equipamento ligado junto à energia elétrica pelo cabo específico. O conjunto foi posicionado de forma que o campo focal da câmera esteja posicionado exatamente sobre o plano de interesse. Essa condição pode ser alcançada movimentando um objeto rico em pequenos detalhes ou o próprio dedo indicador em frente à câmera. A posição onde os detalhes podem ser observados com clareza é onde está posicionado o plano focal. Este ainda pode ser alterado movimentando os ajustes manuais girando a lente para alterar a entrada de luz e a posição do plano focal. Os melhores resultados foram obtidos com o controle de luz em posição intermediária e com o foco mais distante possível (quando se está atrás da câmera, girar controle em sentido até a posição final).

Fonte de iluminação

A fonte de iluminação utilizada foi um *Green Laser Pointer* comercial de uso diverso que tem comprimento de onda em 520nm e potência de 20.000 mW. Para sua alimentação elétrica foi desenvolvida uma fonte compatível com o aparelho já que a alimentação original era a pilhas recarregáveis o que prejudicava o uso contínuo do mesmo.

Originalmente o laser emite um feixe linear de luz. Foi então acoplada ao aparelho uma lente acrílica cilíndrica para que a luz emitida fosse à forma de plano. O plano de iluminação do laser deve ser posicionado ortogonalmente à direção para onde a câmera estará apontada e deve coincidir com o plano de foco das lentes utilizadas. É possível observar o conjunto na Figura 4.

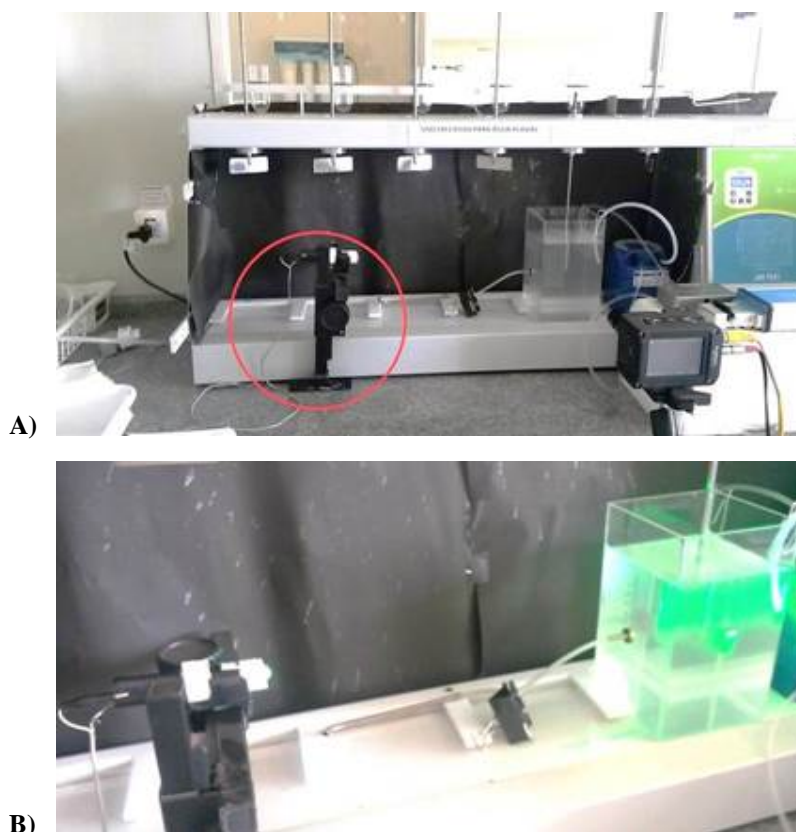


Figura 4. A) Green Laser Pointer e adaptações. Na ponta de emissão do laser foi acoplada lente cilíndrica acrílica e desenvolvido sistema de energização a partir da rede elétrica. É possível observar também que foi desenvolvida sistema de apoio (base). B) Detalhe do plano de iluminação do laser em funcionamento.

Software de aquisição de imagens

Para a aquisição das imagens, foi instalado *software Phantom Câmera Control version 2.2* que era o software de controle da câmera *Phantom Miro EX4*. O CD de instalação acompanha o pacote de compra da câmera. Depois de instalado, a interface do programa apresenta na tela inicial um conjunto de comandos na lateral direita, organizados em três abas: *Live*, *Play* e *Manager*.

Em *Manager* localiza-se a rede de pastas e subpastas que contem os arquivos gravados e as câmeras instaladas. Dentro da pasta *Cameras* deve ser selecionada a câmera existente para que esta comece a operar. A aba *Live* contem os comandos relativos ao processamento da câmera em tempo real enquanto que a aba *Play* faz referência aos dados já capturados (que ocupam a memória volátil da câmera). Na aba *Live* os comandos de interesse são agrupados nos controles *Cine Settings*. Para o presente trabalho os valores dos parâmetros foram ajustados da seguinte maneira: Resolution: 600x800; Sample rate: 10 pps; Exposure time: 200 μ s; EDR: 0 μ s; Last: 100.

Dessa forma foram obtidas imagens com a maior resolução possível para esta câmera (800x600) e velocidade de captura em disparo contínuo de 10 imagens por segundo. Em *Image Range and Trigger position*, o parâmetro *Last* foi ajustado para 100, ou seja, foram capturadas 100 imagens após acionado o botão de corte (*Trigger*) o que significa dizer que foram “filmados” 10 segundos após o acionamento, visto que com a velocidade ajustada para 10 imagens/segundo logo 100 imagem levarão 10 segundos para serem capturadas. Este pacote de imagens final é o mais importante, pois há uma maior precisão para início e fim da “filmagem” e, além disso, com este procedimento padroniza-se um mesmo número de imagens obtidas para cada bateria de captura.

Os botões de ação *Capture* e *Trigger* da aba *Play* funcionam conjuntamente para captura das imagens. O botão *Capture* deve ser acionado para iniciar o carregamento de imagens para a memória volátil da câmera. Esse carregamento funciona continuamente, porém quando a memória volátil da câmera é totalmente utilizada, os *frames* mais antigos são excluídos para dar lugares aos novos. Para interrupção deste carregamento há duas opções. A primeira é acionar o botão *Abort Recording* (Figura 5), que descarta todos os frames carregados na memória volátil da câmera até então. A segunda opção é acionar o botão *Trigger* que insere um ponto de corte na gravação e dali em diante são gravados apenas os *frames* especificados em *Last*, no caso deste trabalho, 100 *frames*. Deve-se esclarecer que até este momento as imagens ficam armazenadas na memória interna da câmera e que se o dispositivo for desligado ou desconectado do computador, essas informações são perdidas.



Figura 5. Botões de ação de início e finalização da captura. Capture deve ser acionado para que a câmera comece capturar enquanto Trigger deve ser acionado para marcar o início da captura dos frames de interesse. Abort Recording deve ser acionado se a intenção for parar a captura e descartar as informações registradas.

Para que as imagens sejam transferidas para o disco rígido do computador deve-se recorrer à aba *Play*. O primeiro passo é selecionar somente o conteúdo de interesse, os 100 *frames* que foram capturados após o acionamento do botão *Trigger*. Para tanto, deve-se acionar o botão *jump to trigger* e em seguida acionar o botão *Mark In* que inclui a parte final da captura, como é possível observar na Figura 6. O mesmo procedimento pode ser realizado pelo atalho do teclado Ctrl+0 seguido de Ctrl+I.

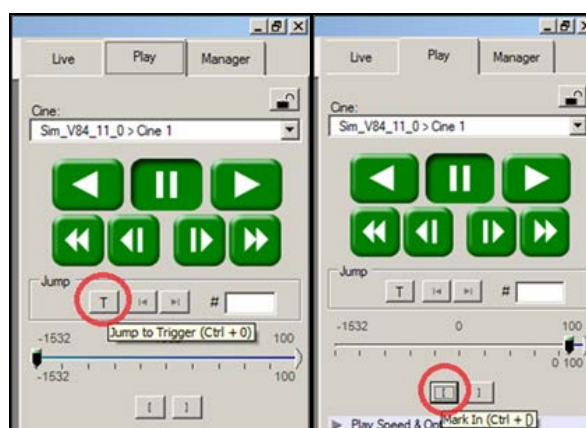


Figura 6. Procedimento de seleção dos frames de interesse para salvamento em disco rígido.

O passo seguinte consiste no acionamento do botão *Save Cine...* tal ação abre uma janela do *Windows Explorer* em que deve ser selecionado o destino dos *frames*. O formato de arquivo de saída escolhido deve ser o JPEG, tal procedimento pode ser observado na Figura 7.

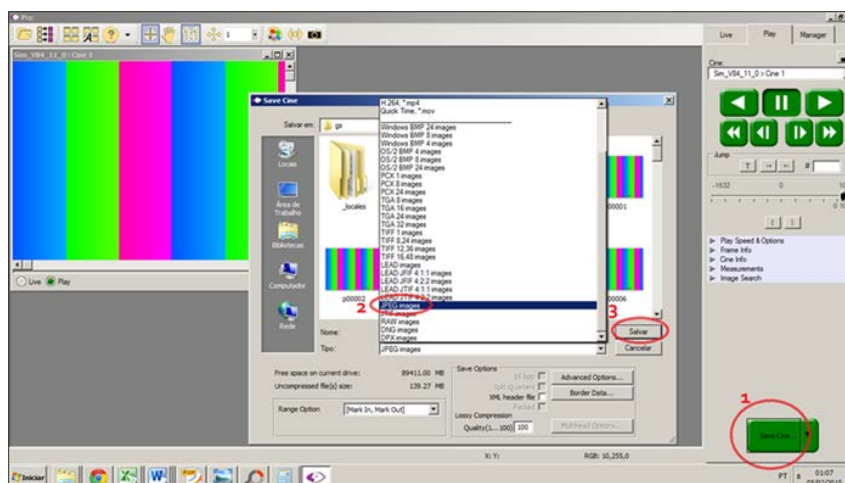


Figura 7. Acionamento do botão *Save Cine*, escolha do destino e do formato do arquivo de saída.

A nomenclatura do arquivo de saída é de grande importância pois o *software PCC 2.2* tem regras para que seja feito o salvamento sem que ocorra o *overwrite* dos *frames*, ou seja, que uma imagem não seja gravada sequencialmente sobre a anterior, resultando ao final do salvamento em apenas uma imagem JPEG. Deve-se nomear os arquivos com uma única letra seguida do caractere “+” e de um número de 1 a 9 que representará o número de casa das imagens salvas. Por exemplo, se nessa etapa o arquivo for nomeado como “a+3” o resultado será cerca de 100 imagens nomeadas.

Convencionou-se, porém, que todos os arquivos fossem salvos a cada captura em pastas diferentes, mas com o mesmo nome “p+5”. Isso por que foi necessária uma padronização para que o tratamento das imagens pudesse ser feito automaticamente no software específico, detalhado na seção seguinte.

Software de manipulação e tratamento de imagens digitais

Para o tratamento das imagens foi utilizado o *software Image-Pro Plus 7.0*. Para sua instalação foram utilizados dois CDs que acompanham o software. Para sua utilização é necessário plugar o *hardlock*, dispositivo de segurança similar a um *pendrive*, à entrada USB do computador para que o software funcione corretamente.

Ao inicializar o software, a interface com o usuário apresenta algumas abas na parte superior. Merecem destaque as abas *File* e *Measure*. No modo manual de manipulação devem ser executados os seguintes procedimentos: em *File* → *Open* deverá ser feita a abertura de uma das imagens, em seguida devem ser executadas as funções *Threshold* (binarização), *Count* (contagem) e *Measurement* (medição). O processo de binarização transforma uma imagem digital com pixels guardando valores entre 0 e 255 para uma nova imagem onde os pixels podem assumir apenas dois valores: ou 0 ou 255.

A seguir é apresentada uma das imagens obtidas (Figura 8). O histograma de uma imagem digital apresenta o número de pixels no eixo Y (frequência) pelo valor do nível de cinza em um *range* que vai de 0 (totalmente preto) a 255 (totalmente branco) no eixo X.

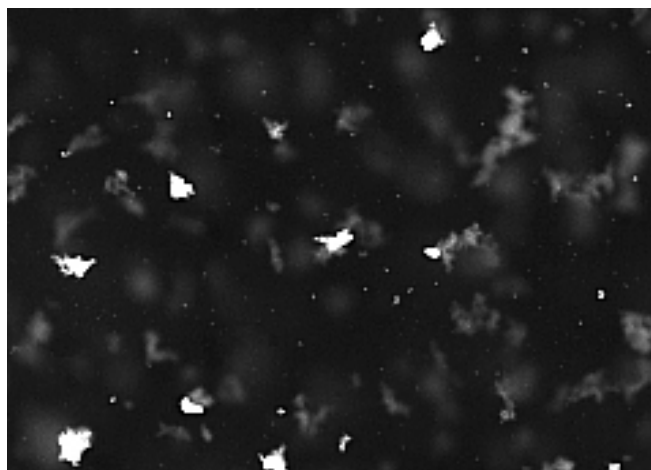


Figura 8 – Imagem não tratada capturada do Jartestee com plano de luz estabelecido pelo Laser Pointer

O histograma apresenta a grande maioria dos pixels concentrados nos tons escuros já que os flocos são observados numa estreita faixa que “corta” a imagem horizontalmente. O valor 0 (totalmente preto) corresponde a de cerca de 300 mil pixels, que decresce muito rapidamente com o aumento do valor da escala de cinza. Ressalta-se a informação apresentada na margem esquerda do histograma: para valores do eixo X de 0 a 50 estão contidos 99,75 % dos pixels da imagem. Os outros 0,25 % estão distribuídos da seguinte forma: no range de 51 a 150 estão 0,22 % e no range de 150 a 255 estão 0,032 % numa distribuição relativamente contínua e que abrange todos os níveis de cinza característicos de uma imagem com bom contraste, como se desejou demonstrar.

Para executar o processo de binarização deve-se seguir o caminho *Menu → Process → Threshold*. A Figura 9 ilustra o histograma de frequência de intensidade. Deve-se então escolher o limiar de binarização, ou seja, qual o valor de corte fará com que pixels com intensidade menor que ele se tornem pretos e maiores que ele se tornem brancos. O limiar é delimitado manualmente para cada imagem a ser tratada (ou grupo de imagens) sendo etapa essencial no tratamento de imagens.

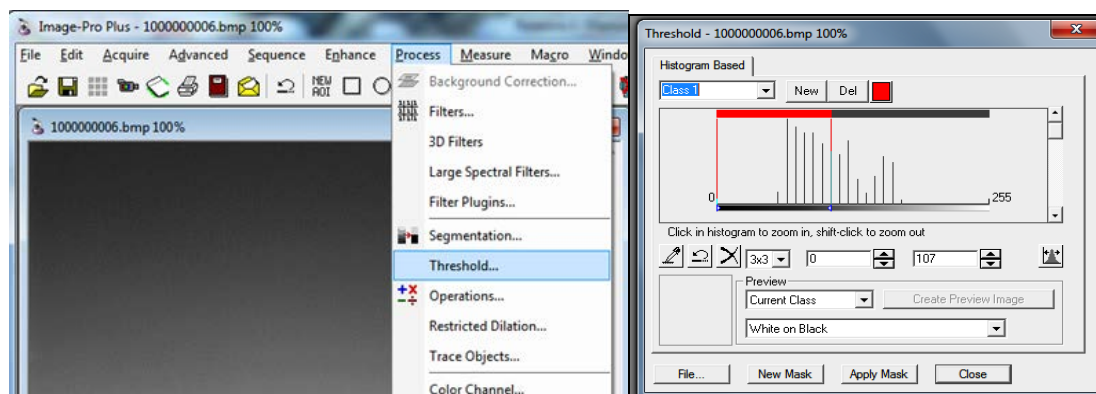


Figura 9. Caminho do processo de binarização.

Após o processo de binarização obtém-se a imagem conforme ilustra a Figura 10.



Figura 10 – Imagem após o processo de binarização; apenas pixels totalmente brancos ou totalmente pretos.

O histograma de número de pixels x nível de cinza revela que, após este procedimento, restam frequências para 0 (totalmente preto) e para 255 (totalmente branco). Percebe-se que não há mais tons intermediários e o *range* de 1 a 254 representa 0.00% da nova imagem. Por fim, os flocos que na imagem original eram representados em tons de cinza tornaram-se totalmente brancos, são representados por 793 pixels, 0,25% da imagem.

A função *Count* fornece o número absoluto de objetos distintos existentes na imagem e para executá-lo deve-se executar o seguinte caminho: *Menu* → *Measurements* → *Count*. Em seguida deve ser executado o caminho: *Menu* → *Measurements* → *Measure* que irá gerar informações sobre diversos parâmetros da imagem. As “janelas” ilustradas nas Figuras 11 e 12 permitem a seleção desses parâmetros, que podem ser exportados em formato de planilha do software Microsoft Excel.

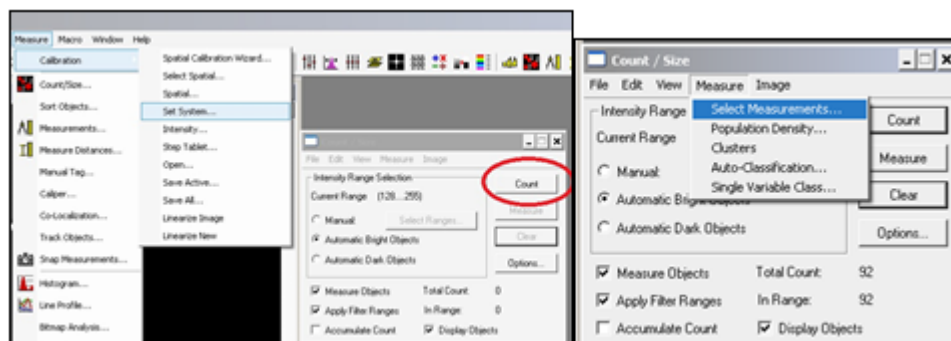


Figura 11. Processos de contagem e seleção de parâmetros de medição (Count e Measure).

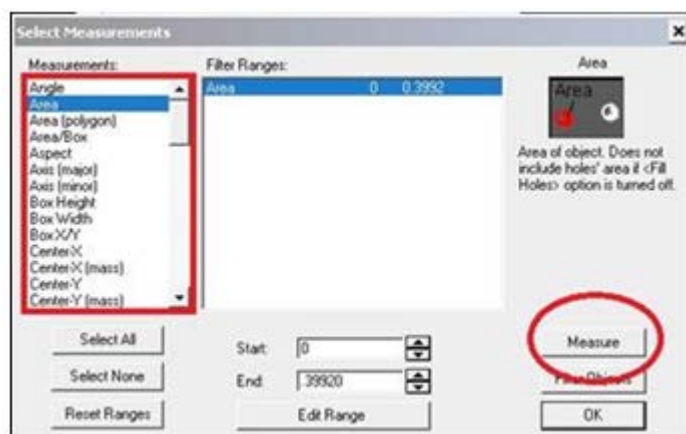


Figura 12. Em destaque parâmetros que podem ser exportados como resultado

Após a binarização (*Threshold*), contagem (*Count*) e medição (*Measurement*) o programa *Image-Pro Plus* permite que sejam gerados gráficos a partir das medições feitas. Para ilustrar as possibilidades disponíveis foram escolhidas as propriedades *Area*, *Center-X*, *Center-Y*, *Diameter (max)*, *Diameter (min)*, *Diameter (mean)*. Para todos os parâmetros foram escolhidos dez intervalos iguais de dados distribuídos entre o seu menor e o seu maior valor. A Figura 13 ilustra a frequência relativa das partículas em função da área das partículas.

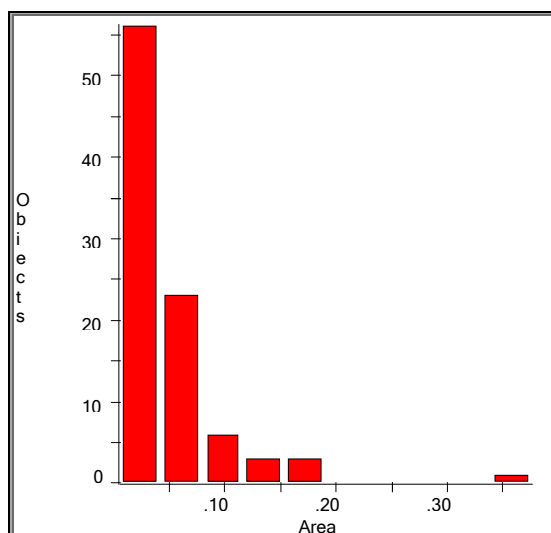


Figura 13 – Frequência relativa das partículas (*objects*) em função das áreas das partículas (mm²)

Pode-se observar a predominância de partículas pequenas, com área menor que 0.10 mm². A soma de todas as áreas é igual a área de cobertura dos flocos capturados pela câmera que, conhecendo-se a área total da imagem original, pode-se obter a concentração dos flocos na amostra.

A Figura 14 ilustra a frequência relativa das partículas em função dos seus diâmetros médios.

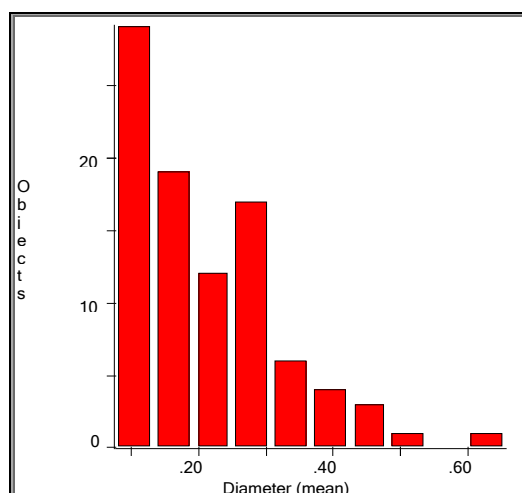


Figura 14 - Frequência relativa das partículas (*objects*) em função dos diâmetros médios das partículas (mm)

O software também permite a obtenção da frequência relativa das partículas em função dos diâmetros máximo e mínimo. Caso o histograma seja coincidente, implica que as partículas são perfeitamente esféricas.

As Figuras 15 e 16 ilustram, respectivamente, a frequência relativa das partículas em função da distância vertical do centróide de cada floco até a margem superior e da distância horizontal do centróide à borda esquerda da imagem.

Este parâmetro mede a posição do pixel do centróide de cada floco em relação a imagem original. Center-X é a distância horizontal do centróide a borda esquerda da imagem enquanto Center-Y é a distância vertical do centróide de cada floco à margem superior. A imagem usada como exemplo tinha cerca de 50mm x 50mm.

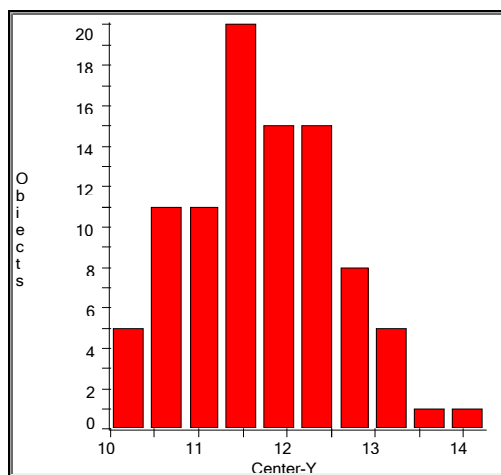


Figura 15 - Frequência relativa das partículas (*objects*) em função da distância horizontal do centróide à borda esquerda da imagem (mm)

É possível observar que verticalmente os flocos estão “mal” distribuídos, concentrados entre 10 e 14 milímetros.

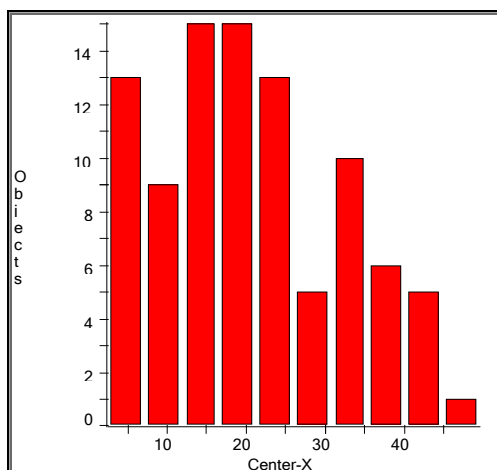


Figura 16 - Frequência relativa das partículas (*objects*) contra a distância horizontal do centróide a borda esquerda da imagem (mm)

Os flocos ocupam quase a totalidade da imagem horizontalmente, sendo a maior concentração entre 15 e 25 mm de distância da borda esquerda da imagem. Os dados apresentados podem ser valiosos num estudo de sedimentação de partículas, por exemplo, já que a partir deles é possível analisar o movimento das partículas em função do tempo ou então o posicionamento de partículas em função do seu diâmetro e área.

Ensaio de calibração

Para a imagem de calibração, necessária para o tratamento das imagens dos flocos, deve-se adotar uma régua como sendo o objeto de tamanho conhecido (ou outro material de dimensão conhecida), posicionada na região do plano focal de captura da câmera. Desta maneira, as imagens obtidas com a câmera a esta mesma distância e com mesma resolução, foco, lente e intensidade de luz, serão regidas por esta medida. Em seguida deve-se informar qual é a unidade de medida correspondente a uma determinada distância entre pontos da imagem adquirida.

Os procedimentos são ilustrados nas Figuras 17, 18, 19 e 20.

- 1- No menu do software *Image-Pro Plus* selecionar a opção *File* → *Open* e selecionar o arquivo (imagem) que servirá de base para calibração.

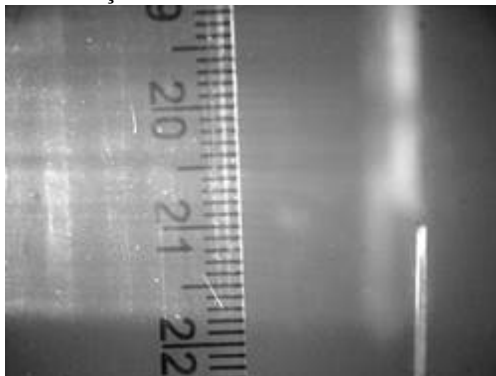


Figura 17: régua utilizada para calibração.

- 2- Menu → *Measure* → *Calibration* → *Spatial Calibration Wizard*.

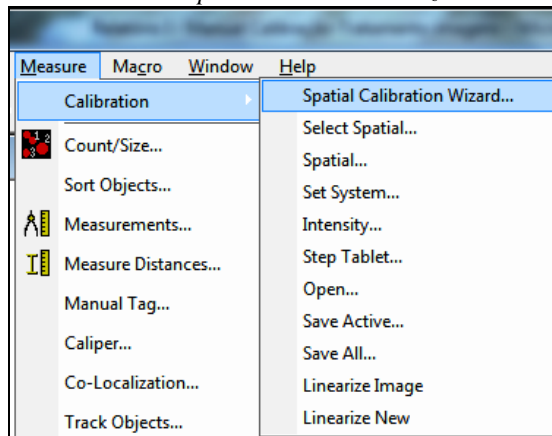


Figura 18: Etapa de calibração

- 3- Informar unidade de referência, no caso deste trabalho, milímetro. Selecionar *Next* → *Optimize Display* → selecionar cor (rosa) → *Draw reference line*. Na janela *Scaling* informar o valor de referência para o objeto de tamanho conhecido.

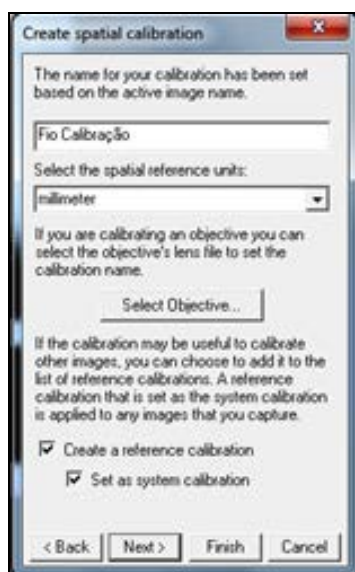


Figura 19: Unidade de referência etapa de calibração

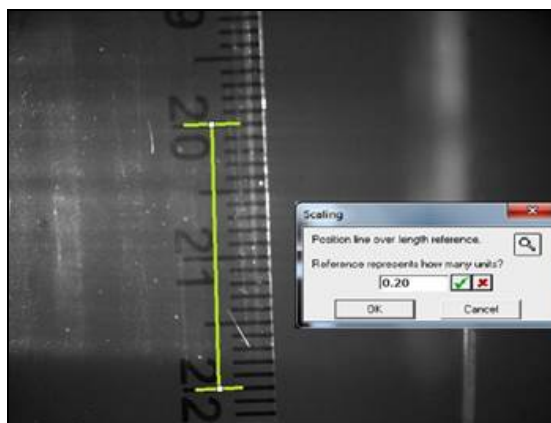


Figura 20: Valor de Referência

4- Para finalizar dar ok na Janela *Scaling* → *finish*. Nota-se que a calibração está ativa ao observar o canto inferior direito da janela principal do programa. Caso não esteja ativo o sistema desejado de calibração, deve-se realizar os procedimentos: *Menu* → *Measure* → *Calibration* → *Set System...* e alterar o sistema padrão.

Todo esse procedimento significa dizer que foram atribuídos valores de medida a cada pixel da imagem. Quanto menor o valor da unidade de medida, mais refinado é o procedimento. Nos ensaios realizados durante este trabalho o valor de cada pixel se aproximou de 33 micrometros. É importante lembrar que após feita a calibração não deve ser movimentado espacialmente nenhum componente do sistema durante a bateria de captura, pois corre-se o risco de inviabilizar o experimento ao mais leve toque.

Realização do ensaio de floculação

Deve ser realizado ensaio de floculação para obtenção das imagens dos flocos durante a etapa de sua formação. Esta é a etapa central de qualquer estudo que venha utilizar a metodologia deste presente trabalho, portanto fica a cargo do pesquisador desenvolver o ensaio que melhor retrate as características que serão estudadas no processo de floculação. Para este trabalho foi utilizada água com turbidez de 25 NTU preparada com solução mãe de caulinita. A simulação dos processos de coagulação/floculação foi realizada adotando-se $G_{mr} = 1200 \text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 10 \text{ s}$, $G_f = 20 \text{ s}^{-1}$ e $T_f = 20 \text{ min}$. Como coagulante foi utilizado o sulfato de alumínio comercial na dosagem de 2,0 mgAl/l e pH de coagulação de 7,5.

CONCLUSÕES

O processamento das imagens gerou planilhas de dados sobre as partículas, e dentre os dados mais relevantes ao estudo de seu comportamento estão o histograma da distribuição do tamanho de partículas, e tabelas com os valores de comprimento, largura, área, raio, diâmetro médio e dimensão fractal para cada uma das partículas de cada imagem avaliada. Tais dados abrem inúmeras possibilidades para trabalhos posteriores que possam trazer avanços à área de tratamento de água de abastecimento e efluentes.

Os resultados obtidos neste estudo reforçam sua importância no contexto geral do projeto. A obtenção de uma metodologia consistente de captura e manipulação de imagens e geração de dados a partir das imagens digitais abre espaço para o melhoramento de técnicas já existentes na área. Como pontos fortes deste trabalho mais uma vez realça-se o nível de refinamento das mensurações, a precisão de escalas micrométricas e a técnica de obtenção de dados consistente, prática e extremamente rápida.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e à Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) pelo apoio financeiro (processos FAPESP 2010/50694-0, 2013/21355-1, 2013/01634-3 e 2013/25641-9), ITA e UNESP-IGCE-Campus de Rio Claro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BROWN, G.M.; GREGORY, J.; JACKSON, P.J.; NELSON, D.W.; TOMLINSON, E.J. (1985). An on-line monitor for flocculation control. In: Instrumentation and Control of Water and Wastewater Treatment and Transport Systems (Edited by Drake R. A. R.), Pergamon Press, Oxford, p.239-245.
2. GREGORY, J.; NELSON, D.W. (1984). A new optical method for flocculation monitoring. In: J. Gregory (Ed.), Solid-Liquid Separation, Ellis Horwood, Chichester, p. 172-182.
3. GREGORY, J.; NELSON, D.W. (1986). Monitoring of aggregates in flowing suspensions. Colloids and Surfaces, 18, p.175-188.
4. LI, G.; GREGORY, J. (1991). Flocculation and sedimentation of high-turbidity waters. Water Research, Pergamon Press plc, Printed in Great Britain, v.25, n.9, p.1137-1143.
5. MORUZZI, R.B.; REALI, M.A.P. (2007). Método para determinação de distribuição de tamanho de microbolhas (DTMB) em sistemas de fotação (FAD) para tratamento de águas utilizando a análise de imagem digital. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 12, (3), p. 273-283.
6. PÁDUA, V.L. Metodologia para determinação dos gradientes de velocidade médios em unidades de floculação de mistura completa com câmaras em série e escoamento contínuo a partir de reatores estáticos. 165 p. São Carlos. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. (1994)