



# 9ª Jornada Científica e Tecnológica do IFSULDEMINAS

## 6º Simpósio da Pós-Graduação

### ANÁLISE COMPUTACIONAL QUALITATIVA DO ESCOAMENTO EM FLOCULADOR NA ETA DA UFLA UTILIZANDO OPENFOAM

Pâmela A. MELO<sup>1</sup>; Evelise R. C. G. FREIRE<sup>2</sup>.

#### RESUMO

A floculação é uma etapa do tratamento de água cujo objetivo é agregar as partículas formando flocos de diâmetros maiores. Neste trabalho, foi realizada uma simulação CFD do escoamento na última unidade floculadora da ETA da Universidade Federal de Lavras, com o objetivo de analisar qualitativamente as linhas de corrente geradas. Foram encontradas zonas mortas, o que prejudica o funcionamento do floculador, propiciando condições a decantação dos flocos. Foram observadas também comportamentos de recirculação do fluido, o que aumenta a possibilidade de rompimento dos flocos. A identificação dessas regiões do escoamento embasa a possibilidade de otimização do escoamento no floculador, potencializando sua eficiência.

**Palavras-chave:** CFD; Floculador; Linhas de corrente; Bandejas perfuradas.

#### 1. INTRODUÇÃO

A floculação é uma importante etapa no processo de tratamento de água, seja para o consumo humano ou para a destinação adequada de águas residuárias. Essa vem sempre precedida por um processo de coagulação, que consiste na aplicação de químicos, como por exemplo o sulfato de alumínio, com o objetivo de desestabilizar as cargas das partículas coloidais, possibilitando o agregamento dos flocos de diâmetros maiores. Assim, posteriormente poderão ser decantados e filtrados com mais facilidade (VADASARUKKAY et. al, 2011).

A Fluidodinâmica Computacional, ou CFD (Do inglês *Computational Fluid Dynamics*) é uma ferramenta tradicional em estudos aerodinâmicos, como asas de aviões, design de carros e energia eólica, e vem sendo amplamente utilizada para simular estações de tratamento de água e esgoto. A aplicabilidade deste tipo de estudo é potencializada dia a dia pelo avanço tecnológico dos computadores. CFD é então o conjunto de ferramentas que permitem resolver as equações de Navier Stokes, que modelam o escoamento de fluidos, através de métodos numéricos. Diversos métodos numéricos podem ser utilizados para resolver esta classe de equações diferenciais parciais, dentre eles Diferenças Finitas, Elementos Finitos e Volumes Finitos. O último, mais especificamente, consiste na análise do balanço de massa, quantidade de movimento e energia em um volume de controle definido

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Lavras - Lavras/MG - pam.melo.al@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Lavras - Lavras/MG - evelise.freire@dex.ufla.br



# 9ª Jornada Científica e Tecnológica do IFSULDEMINAS

## 6º Simpósio da Pós-Graduação

no domínio do escoamento. Através da integração no volume de controle, as equações são discretizadas com o objetivo de encontrar uma aproximação para os parâmetros físicos do escoamento. Neste trabalho, o software utilizado foi o OpenFOAM, um software open-source que permite que o usuário utilize seus recursos ou implemente seus próprios códigos.

Portanto, o objetivo deste trabalho é simular o escoamento de água na última unidade flocladora da Estação de Tratamento de Água da Universidade Federal de Lavras (UFLA) utilizando o software livre OpenFOAM. Através da análise qualitativa do comportamento das linhas de corrente do escoamento.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A estação de tratamento de água em questão está localizada no campus universitário da Universidade Federal de Lavras, nas coordenadas 21° 13' 49.3" S e 44° 58' 39.8" W, cuja altitude é de 893 metros. A vazão média que ali é tratada é de aproximadamente 7 L/s. O processo de coagulação é feito utilizando sulfato de alumínio, seguido por uma calha *parshall* que faz a mistura rápida. A seguir se encontram os flocladores, 4 unidades cilíndricas de placas perfuradas, cujo projeto pretendia garantir um gradiente de velocidade decrescente, do primeiro ao quarto floclador. Neste estudo, foi simulado o escoamento de água no último floclador.

A quarta unidade flocladora é formada por um cilindro de 1 metro de diâmetro e 3,5 metros de altura. No seu interior, há uma tubulação de 0,25 m de diâmetro, que se estende até a localização da última placa com furos, a 3 m. As placas são espaçadas a cada 0,3 m, portanto 10 placas compõem a estrutura. Cada placa possui 22 furos, com 0,05 m de diâmetro cada. Toda a estrutura é feita com um material de fibra de vidro.

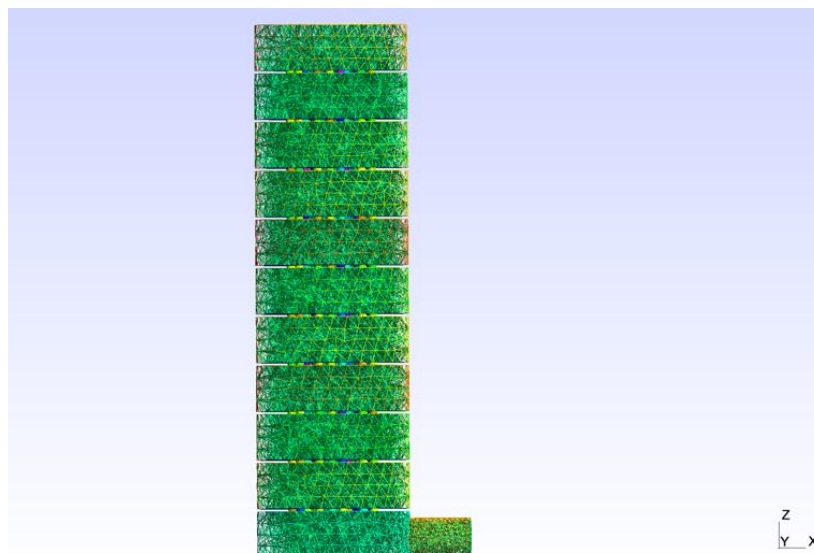
A simulação computacional foi efetuada utilizando o software livre *OpenFOAM*. A geometria do problema foi montada em escala equivalente a real (1:1), utilizando uma malha tetraédrica, de aproximadamente 1.400.000 tetraedros. A malha foi criada pelo software livre *Gmsh*, com um fator de crescimento de 0.3. O solver utilizado foi o *pisoFOAM*, que compreende um escoamento de uma única fase, transiente e incompressível. A modelagem numérica da turbulência foi efetuada utilizando o modelo de turbulência  $k-\epsilon$ , que não demonstra a oscilação de velocidade, mas a atribui um valor médio (Salgado, 2006). Foi assegurado um critério de convergência de  $1 \times 10^{-3}$  para todos os parâmetros.



# 9ª Jornada Científica e Tecnológica do IFSULDEMINAS

## 6º Simpósio da Pós-Graduação

Figura 1 Representação da malha tetraédrica de 1.400.000 pontos utilizada nas simulações.

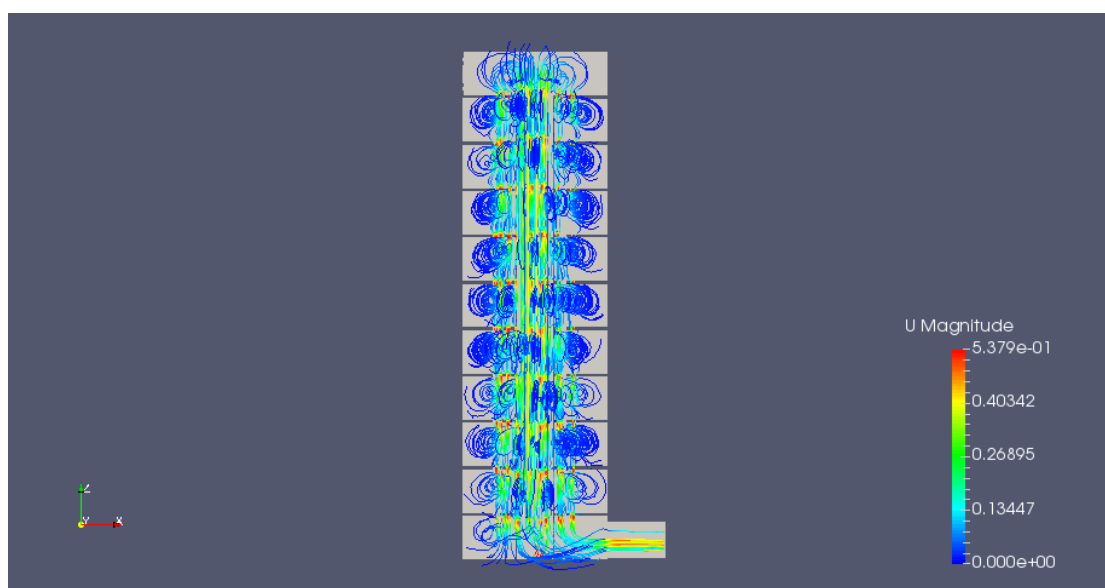


Fonte: Dos autores (2017).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As simulações ocorreram em um tempo aproximado de 56 horas. Foram simulados 2 segundos de escoamento, a um passo de tempo de 0.0005s, dos quais foram alcançados o critério de convergência de  $1 \times 10^{-3}$ . Os resultados da simulação podem ser visualizados na Figura 2.

Figura 2 Resultado das simulações demonstrando as linhas de corrente geradas.



Fonte: Dos autores (2017).



# 9ª Jornada Científica e Tecnológica do IFSULDEMINAS

## 6º Simpósio da Pós-Graduação

Foram observadas zonas mortas nas extremidades do floculador, cujas velocidades são muito baixas. Estas zonas propiciam a ocorrência de decantação dos flocos nestes trechos, o que não é objetivo de um floculador. A decantação nestas zonas acarreta na necessidade constante de limpeza destas estruturas. Pôde-se observar também um comportamento de recirculação das partículas, o que causa rompimento dos flocos, prejudicando a eficiência de tratamento posterior, uma vez que flocos menores não serão retidos pelo decantador.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *OpenFOAM* se mostrou uma boa ferramenta para simulação do escoamento no floculador, sendo de livre acesso e bons resultados, possibilitando a visualização qualitativa das zonas mortas e zonas de recirculação do escoamento. A análise qualitativa, pode ser efetuada uma análise quantitativa dos parâmetros do escoamento, avaliando o gradiente de velocidade em todos os seus pontos e quantificando a frequência em que o gradiente estará acima do recomendado. Com a identificação dessas regiões, torna-se possível propor modificações na geometria que possam otimizar os parâmetros do escoamento envolvido no floculador, potencializando sua eficiência.

#### REFERÊNCIAS

SALGADO, A. L. **Caracterização hidrodinâmica de floculadores hidráulicos chicanados por meio de simulação numérica tridimensional**. 2006. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

VADASARUKKAI, Y. S. et al. Assessment of hydraulic flocculation processes using CFD. **Journal Awwa**. Halifax, Canada, p. 66-80. nov. 2011.

ZHANG, Jie; TEJADA-MARTÍNEZ, Andrés E.; ZHANG, Qiong. Developments in computational fluid dynamics-based modeling for disinfection technologies over the last two decades: A review. **Environmental Modelling & Software**, Tampa, Fl, v. 58, p.71-85, ago. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.04.003>.