



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SUL DE**  
**MINAS GERAIS – IFSULDEMINAS – *campus* POUSO ALEGRE**

**EDITAL N° 04/2019**

**EDITAL DE FLUXO CONTÍNUO PARA PROJETOS DE EXTENSÃO**

Período de Novembro/2019 à Novembro/2020

SIMULAÇÃO VIA CFD DE LEITO FLUIDIZADO CIRCULANTE VIA ABORDAGEM  
EULERIAN-EULERIAN: Investigação da influência dos modelos de arraste

**Prof. Dr. Daniel Cícero Pelissari**  
Engenharia Química

Outubro de 2019  
Pouso Alegre

## INFORMAÇÕES GERAIS

---

Título do projeto:

SIMULAÇÃO VIA CFD DE LEITO FLUIDIZADO CIRCULANTE VIA ABORDAGEM EULERIAN-EULERIAN: Investigação da influência dos modelos de arraste

Edital: Edital de fluxo contínuo para projetos de extensão extensão

*Campus:* Pouso Alegre

Responsável pelo Projeto: Daniel Cícero Pelissari

CPF: 12303327741

Telefone: (19) 98245 - 3355

E-mail Institucional: [daniel.pelissari@ifsuldeminas.edu.br](mailto:daniel.pelissari@ifsuldeminas.edu.br)

Endereço no Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5062966802454555>

Equipe executora

Colaboradores, técnicos administrativos, estagiários, estudantes ou outros				
Nome	Titulação Máxima	Instituição Pertencente	e-mail/Telefone	Atribuições no projeto
Daniel Cícero Pelissari	Doutor	IFSULDEMINA S/campus Pouso Alegre	<a href="mailto:daniel.pelissari@ifsuldeminas.edu.br">daniel.pelissari@ifsuldeminas.edu.br</a> (19) 9824533 - 3355	Coordenador e Executor

Local de Execução: Campus Pouso Alegre/UNICAMP

Período de Execução:

Início: Novembro/2019

Término: Novembro/2020

Daniel Cícero Pelissari

RESUMO.....	3
1. INTRODUÇÃO .....	3
2. OBJETIVOS.....	4
3. JUSTIFICATIVA.....	4
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	5
5. MATERIAIS E MÉTODOS .....	6
6. RESULTADOS ESPERADOS .....	6
7. CRONOGRAMA .....	7
8. ORÇAMENTO FINANCEIRO.....	7
9. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....	7

## **RESUMO**

A operação em leito fluidizado circulantes é utilizada em diversos processo na indústria química devido ao seu elevado grau de mistura entre as fases fluida e a fase particulada, o que favorece os fenômenos de transferência de massa e calor. Devido a sua importância, diversos modelos têm sido propostos para representar essa operação. Contudo, estudos não convergem para qual modelo é mais o mais adequado. Assim, o objetivo do presente trabalho consiste em verificar a influência dos parâmetros hidrodinâmicos na simulação deste tipo de processo em diferentes condições de operação.

## **1. INTRODUÇÃO**

Os leitos fluidizados diluídos são empregados em diversos processos químicos devido suas características como: possibilidade de retirada contínua dos sólidos, evitar regiões de elevada concentração e temperatura, elevado grau de mistura. Contudo, segundo observações experimentais o escoamento gás-sólido em leito fluidizado é extremamente heterogêneo tanto na direção radial quanto na direção axial, sendo observado a formação de aglomerados de partícu-

las, denominadas cluster. A desempenho deste tipo de processos é função dos perfis fluidodinâmicos e das interações entre o fluido e o sólido. Desta forma, devido à importância deste processo, diversos estudos utilizando a técnica de fluidodinâmica computacional têm sido realizados a fim de estudar a dinâmica desse processo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Analisar a influência dos modelos e parâmetros fluidodinâmicos no perfil de escoamento gás-sólido em leitos fluidizados utilizando diferentes condições operacionais.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar os parâmetros fluidodinâmicos que mais influenciam nas simulações de escoamento gás-sólido.
- Implementar diferentes modelos de arraste no software ANSYS CFX.
- Determinar os modelos de arraste mais eficientes para determinada condição operacional.
- Avaliar a influência dos modelos de turbulência.

## **3. JUSTIFICATIVA**

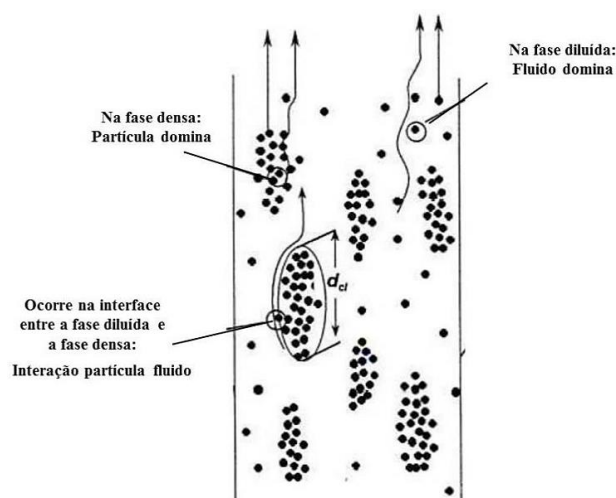
A técnica de fluidodinâmica computacional é frequentemente utilizada para simular de processos químicos que operam em leito fluidizado circulantes a fim tornar esses processos mais rentáveis. E eficiência desses processos está ligada diretamente com os perfis de velocidade e distribuição dos sólidos nos leitos. Com o intuito de representar de forma mais fidedigna possível a interação entre o fluido e os sólidos, diferentes modelos de arraste são reportados na literatura.

Assim, a proposta deste trabalho é verificar a influência dos modelos de arraste no perfil fluidodinâmico do escoamento gás-sólido em diferentes regimes de operação (diferentes vazões e tamanhos de partículas). Esperasse assim, determinar qual a melhor faixa de operação para cada modelo de arraste. Desta forma, esta pesquisa servirá como base para utilização de modelos de arraste adequados em estudos envolvendo processos em leitos fluidizados.

#### 4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A operação de fluidização consiste na passagem de um fluido em velocidade suficiente para arraste os sólidos dentro de um leito. As operações em leito fluidizado apresentam distribuição não homogênea dos sólidos dentro do leito e na formação de clusters (aglutinação de partículas), como pode ser observado na Figura 1. As características mencionadas são influenciadas tanto pela geometria do equipamento quanto pelas condições operacionais, influenciando diretamente no rendimento do processo (ARMELLINI, 2015; PELISSARI, 2019).

Figura 1 - Distribuição da fase sólida e formação de cluster. Adaptado de Pelissari (2019)



Devido a característica desta operação, principalmente envolvendo reações a elevadas temperaturas, estudos experimentais podem ser custosos, exigir muito tempo ou até mesmo impossibilitar seu estudo (LOPES, 2012). Assim, a utilização da técnica de CFD tem ganhado espaço nos estudos de aperfeiçoamento de processos. A fluidodinâmica computacional consiste na resolução numérica das equações fundamentais de conservação de massa, momento e energia de uma determinada operação industrial. Apesar da grande aplicação da técnica, sua eficiência está ligada nos modelos utilizados para descrever os fenômenos envolvidos no processo (QIU et al., 2011; SHAH et al., 2015).

Diferentes abordagens são utilizadas para descrever o escoamento gás-sólido em leito fluidizado na literatura. Contudo, a abordagem Euleriana-Euleriana é a utilizada para descrever esta operação. Nesta abordagem ambas as fases são tratadas como contínuas e interpenetrantes. Devido ao fato de tratar a fase sólida como contínua, a chave para boa simulação está na modelagem das interações entre a fase fluida e a fase sólida (SHAH et al., 2011; SHAH et al.,

2015). Essa interação é feita por meio da modelagem da força de arraste. Devido à importância deste parâmetro diversos autores tem proposto diferentes modelos a fim de capturar os fenômenos envolvidos neste processo.

O modelo de arraste de Gidaspow é um dos modelos mais utilizados, o qual vem incorporado na maioria dos softwares comerciais. Este modelo como o modelo de Syamlal e O'Brien são considerados modelos homogêneos, os quais não consideram em sua modelagem a formação dos aglomerados. Neste contexto, para melhor representar os fenômenos fluidodinâmicos dos leitos fluidizados, diversos autores tem proposto modelos heterogêneos baseados em Minimização de Energia Multi-Escala, os quais consideram a variação da força de arraste devido a aglomeração das partículas sólidas.

A fim de avaliar a eficácia desses modelos, diversos estudos compararam os modelos fluidodinâmicos com dados experimentais. Contudo, os trabalhos divergem em qual modelo de arraste é o mais adequado (LUNA et al., 2013). Assim, o presente trabalho pretende avaliar a influência de diferentes modelos fluidodinâmicos em diferentes condições operacionais, objetivando identificar em quais situações os modelos causam maior interferência.

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

Esse projeto utilizará o software ANSYS CFX para simulação da operação em leito fluidizado. Será utilizada a geometria e as condições operacionais reportadas por Niemi (2012) para validação da simulação. Posteriormente, serão testados diferentes parâmetros numéricos e verificado a sua influência sobre o perfil de velocidade e fração da fase particulada.

Os resultados obtidos serão apresentados na forma de poster em eventos acadêmicos e serão utilizados para elaboração de artigos científicos.

## **6. RESULTADOS ESPERADOS**

Determinar os parâmetros mais relevantes na simulação de leitos fluidizados circulantes, bem como sua relação com as condições operacionais. Além disso, verificar quais modelos de arraste apresentam resultados mais próximos com os dados experimentais.

## 7. CRONOGRAMA

ATIVIDADES	MESES												
	Nov. 19	Dez. 19	Jan. 20	Fev. 20	Mar. 20	Abr. 20	Mai. 20	Jun. 20	Jul. 20	Ago. 20	Set. 20	Out. 20	Nov. 20
Pesquisa de modelos arraste e parâmetros fluidodinâmicos	X	X	X										
Desenvolvimento das simulações e implementação dos modelos			X	X	X	X							
Testes iniciais com as simulações e validação dos modelos							X	X	X	X			
Resultados, discussão e elaboração do relatório final										X	X	X	X

## 8. ORÇAMENTO FINANCEIRO

O projeto não demandará auxílio financeiro.

## 9. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARMELLINI, V.A.D. Estudo computacional da influência dos bicos injetores e internos em risers industriais de FCC. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, 2015.

LI, F., SONG, F., BENYAHIA, S., WANG, W., LI, J. MP-PIC simulation of CFB riser with EMMS-based drag model. Chemical Engineering Science, v.82, p. 104-113, 2012.

LOPES, G.C. Estudo computacional da dinâmica do escoamento reativo em risers industriais de FCC. Tese de doutorado – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, 2012.

LUNA, C.M.R. Estudo numérico de modelos de arraste e do coeficiente de restituição no escoamento gás-sólido em leito-fluidizado. Tese de doutorado – UNESP, 2013.

NIEMI, T. Particle Size Distribution in CFD Simulation of Gas-Particle Flows. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - School of Science, Aalto University, Finland, 2012.

PELLISSARI, D.C. Estudo da influência das condições de operação sobre o escoamento gás-sólido e rendimento do riser de FCC via CFD e análise estatística. Tese de doutorado – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, 2019.

QIU, X., WANG, L., YANG, N., LI, J. A simplified two-fluid model coupled with EMMS drag for gas-solid flows. *Powder Technology*, v. 314, p. 299-314, 2017.

SHAH, M.T., UTIKAR, R.P., TADE, M.O., PAREEK, V.K. Hydrodynamics of an FCC riser using energy minimization multiscale drag model. *Chemical Engineering Journal*, v. 168, p. 812-821, 2011.

SHAH, M.T., UTIKAR, R.P., PAREEK, V.K., TADE, M.O., EVANS, G.M. Effect of closure models on Eulerian–Eulerian gas–solid flow predictions in riser. *Powder Technology*, v. 269, p. 247-258, 2015.